บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากผลการสอบเทียบความแม่นยำของเครื่องมือวัดรังสีขนาดต่าง ๆ ที่ได้รับการปรับเทียบความแม่นยำจากมาตรฐานปฐมภูมิของประเทศเยอรมันและประเทศนิวซีแลนด์ ซึ่งได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.4 และ 4.5 นั้น จะเห็นว่าเครื่องมือทั้ง 2 ชุดนี้อ่านค่าได้ใกล้เคียงกันมาก กล่าวคือ ค่าร้อยละของความแตกต่างนี้จะอยู่ในขีดความสามารถของเครื่องมือวัดรังสีนั้น ๆ ดังแสดงในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อนสูงสุดของห้องขนาดต่าง ๆ กับค่าร้อยละของความแตกต่างสูงสุดที่ได้จากการสอบเทียบ

ห้องการแตกตัว	ขนาดของห้อง	ร้อยละของความคลาดเคลื่อนสูงสุด	ร้อยละของความแตกต่างสูงสุด
วิคตอรีน(1528A)	25R	± 2%	± 1.8%
	100R	± 2%	± 1.7%
	100R (Hi-En)	± 5%	± 1.2%
	250R	± 2%	± 1.7%
วิคตอรีน(1531A)	25R	± 2%	± 1.5%
	100R	± 2%	± 0.9%
	100R (Hi-En)	± 5%	± 3.0%
	250R	± 2%	± 1.7%
บาลด์วิน ฟาร์เมอร์	0.6 ลบ.ซม.	± 2%	± 2.2%

หมายเหตุ ความคลาดเคลื่อนสูงสุดของห้องการแตกตัวคูสท์เนอร์ พิเกลา ± 2%

จากผลที่ได้จากตารางที่ 5.1 นี้ ทำให้สามารถสรุปได้ว่าเครื่องมือวัดรังสีที่ได้รับการปรับเทียบมาจากมาตรฐานปฐมภูมิทั้ง 2 ชุดนี้อ่านค่าได้ถูกต้องตรงกัน เพราะค่าร้อยละของความแตกต่างสูงสุดมีค่าน้อยกว่าค่าร้อยละของ – ความคลาดเคลื่อนสูงสุดของห้องการแตกตัวนั้น ๆ เป็นส่วนใหญ่ จึงอาจสรุปได้ว่าความแตกต่างที่เกิดขึ้นนี้อาจเนื่องมาจากความแม่นยำของเครื่องมือวัดรังสีนั้น ๆ เอง หรืออาจเนื่องมาจากการจัดเครื่องมือในการสอบเทียบยังไม่สมบูรณ์พอ ซึ่งอาจจะสรุปความผิดพลาดต่าง ๆ และวิธีแก้ไขได้ดังต่อไปนี้คือ :-

5.1 การวัดระยะทางไม่แม่นยำพอกล่าวคือ ขณะนี้ทางห้องปฏิบัติการยังไม่มีเครื่องมือที่จะวัดระยะทางให้มีความแม่นยำสูง ในการจัดระยะทางที่ใช้ในการสอบเทียบได้จัดระยะระหว่างห้องการแตกตัวและจุดโฟกัสไว้ 100 ซม. ซึ่งอาจผิดพลาดได้ ± 0.2 ซม. หรือคิดเป็นเปอร์เซนต์ได้ ± 0.2%

<u>ข้อเสนอแนะ</u> ควรจัดหาเครื่องมือที่จะวัดระยะทางให้มีความแม่นยำได้สูงกว่านี้มาใช้ในการสอบเทียบต่อไป

5.2 มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความดันภายในห้องปฏิบัติการในขณะทำการทดลอง และไม่สามารถทราบอุณหภูมิและความดันที่แท้จริงภายในห้องการแตกตัวที่ใช้ในการสอบเทียบ ทำได้เพียงวัดอุณหภูมิและความดันในบริเวณใกล้ ๆ กับห้องการแตกตัว แล้วอนุมานเอาว่าอุณหภูมิและความดันที่วัดได้เป็นของห้องการแตกตัวนั้น ๆ ซึ่งอาจจะผิดพลาดได้บ้าง และอีกประการหนึ่งการอ่านค่าอุณหภูมิและความดันดังกล่าวก็อาจจะมีความผิดพลาดได้บ้างเนื่องจากเครื่องมือที่ใช้ไม่ – ละเอียดพอ

<u>ข้อเสนอแนะ</u> ควรจัดหาเครื่องมือที่จะควบคุมอุณหภูมิ ความดันและความชื้นให้มีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ และควรจะใช้เครื่องอ่านอุณหภูมิ และความดันที่มีความแม่นยำสูง การตอบสนอง (Response) ของเครื่อง

มือเหล่านี้ต้องเร็วพอด้วย และต้องหาทางวัดอุณหภูมิและความดันภายในห้องการแตกตัวให้ใกล้เคียงความจริงมากกว่านี้

5.3 เวลาที่ใช้ในการอ่านค่าปริมาณรังสีในอากาศอาจผิดพลาดได้บ้าง เนื่องจากสวิทช์เปิดปิดของเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ และมอนิเตอร์ทำงานไม่พร้อมกัน

ข้อเสนอแนะ ควรสร้างกลไกเปิดปิดลำแสง (Electrical Shutter) ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดลำแสงเอกซ์ พร้อม ๆ กับการเปิดและปิดสวิทช์ของมอนิเตอร์ เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวนี้

5.4 ในการเลือกใช้เทคนิคต่าง ๆ เพื่อให้ได้ค่าพลังงานยังผลตามต้องการเพื่อใช้ในการสอบเทียบนั้น เนื่องจากในขณะเปิดเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ใหม่ ๆ พลังงานยังผลของรังสีที่ออกมายังมีค่าไม่ได้ตามที่ต้องการ แต่เครื่องวัดรังสีจะเริ่มทำการบันทึกค่าปริมาณรังสีในอากาศตั้งแต่เริ่มเปิดสวิทช์ให้เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ทำงาน ดังนั้นค่าปริมาณรังสีในอากาศที่อ่านได้ในช่วงแรก ๆ จึงอาจผิดพลาดได้บ้างเล็กน้อย

ข้อเสนอแนะ ควรสร้างกลไกเปิดปิดลำแสงเพื่อให้ทำหน้าที่แทนสวิทช์ของเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ และทำงานพร้อมกับสวิทช์ของมอนิเตอร์ด้วย

ถ้าหากสามารถแก้ไขข้อผิดพลาดต่าง ๆ ในหัวข้อ 5.1– 5.4 นี้ได้แล้ว และผลการทดลองยังคงเหมือนเดิมก็จะสรุปได้เลยว่าความแตกต่างที่เกิดขึ้นนี้เป็นผลมาจากความแม่นยำของเครื่องมือวัดรังสีนั้น ๆ ซึ่งในกรณีที่ความผิดพลาดเกิดจากความแม่นยำของเครื่องมือวัดรังสีเอง และมีค่าสูงก็จะต้องส่งเครื่องมือดังกล่าวไปทำการปรับเทียบความแม่นยำใหม่ โดยทำการปรับเทียบกับห้องการแตกตัวมาตรฐานปฐมภูมิต่อไป

ประโยชน์ที่จะได้จากการวิจัยนี้

โดยทั่วไปแล้วเครื่องมือวัดรังสีมาตรฐานปฐมภูมิที่แต่ละประเทศมีอยู่นั้นไม่ค่อยจะมีโอกาสทำการสอบเทียบความแม่นยำซึ่งกันและกันบ่อยนัก ถึงแม้ว่าจะมีศูนย์ทดสอบคือ Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) อยู่ที่ประเทศฝรั่งเศส แต่ผลการทดสอบก็ไม่เป็นที่เปิดเผย ทำให้ไม่สามารถที่จะทราบได้ว่ามาตรฐานการวัดรังสีในแต่ละประเทศที่มีเครื่องมือวัดรังสีมาตรฐานปฐมภูมิอยู่นั้นตรงกันหรือไม่ แต่เนื่องจากประเทศไทยได้รับความช่วยเหลือทั้งทางด้านวิชาการ และเครื่องมือวัดรังสีมาตรฐานทุติยภูมิจากองค์การอนามัยโลก ซึ่งเครื่องมือวัดรังสีทุติยภูมิดังกล่าวก็ได้รับการสอบเทียบความแม่นยำจากเครื่องมือวัดรังสี – ปฐมภูมิของสองประเทศ ซึ่งมีวิทยาการทางด้านการวัดรังสีค่อนข้างสูง จึงเป็นโอกาสอันดียิ่งที่จะทำการทดสอบดูว่า เครื่องมือวัดรังสีทุติยภูมิที่ได้รับการสอบเทียบความแม่นยำจากทั้งสองประเทศดังกล่าวสามารถวัดรังสีได้ผลตรงกันหรือไม่ นอกจากนี้ในการวัดปริมาณรังสีจำเป็นต้องอาศัยเทคนิคพิเศษมากมายหลายประการ ดังนั้นเพื่อความแม่นยำในการวัดปริมาณรังสีจึงมีความจำเป็นต้องศึกษาถึงคุณลักษณะ – พิเศษของเครื่องมือ และหลักการวัดต่าง ๆ เพื่อนำมาสร้างอุปกรณ์ประกอบการทดลองให้สมบูรณ์ สำหรับใช้ในการสอบเทียบความแม่นยำของเครื่องมือวัดรังสีมาตรฐานต่อไป ซึ่งในการสร้างอุปกรณ์เหล่านี้ต้องใช้เงินงบประมาณเป็นจำนวนมาก ถ้ามิได้มีการวิจัยนี้ขึ้นแล้วสร้างอุปกรณ์ดังกล่าวขึ้นมาใช้อย่างไม่ถูกต้อง ก็อาจต้องเสียเงินงบประมาณอีกมากในการแก้ไขให้ถูกต้อง

จากผลการสอบเทียบความแม่นยำครั้งนี้ พบว่าเครื่องมือวัดรังสีที่ได้รับการปรับเทียบมาจากมาตรฐานปฐมภูมิของทั้ง 2 ประเทศอ่านค่าได้ตรงกัน ดังนั้นถ้าสามารถนำเอาเครื่องมือวัดรังสีที่มีใช้อยู่ในประเทศไทยและประเทศใกล้เคียงมาสอบเทียบความแม่นยำกับเครื่องมือวัดรังสีมาตรฐานทุติยภูมิที่มีใช้อยู่ในประเทศไทยนี้

ก็จะทำให้ผลการวัดปริมาณรังสีอยู่ในมาตรฐานเดียวกันทั่วประเทศ หรืออาจจะกล่าวได้ว่าอยู่ในมาตรฐานเดียวกันทั่วโลก ซึ่งผลอันนี้เป็นเป้าหมายที่สำคัญขององค์การอนามัยโลก และทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ ที่พยายามจะทำให้การใช้รังสีอยู่ในมาตรฐานเดียวกันทั่วโลก และเมื่อนำเอาเครื่องมือวัดรังสีที่ได้รับการสอบเทียบแล้วนี้ไปใช้วัดปริมาณรังสีจากเครื่องกำเนิดรังสีที่ใช้ในการรักษาโรคแล้ว จะทำให้ทราบปริมาณรังสีจากเครื่องกำเนิดรังสีดังกล่าวได้แม่นยำ อันจะเป็นผลทำให้การรักษาโรคด้วยรังสีมีประสิทธิภาพสูงขึ้น และนอกจากนี้ยังเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยที่ต้องใช้เครื่องมือวัดรังสีที่มีความแม่นยำสูงอีกด้วย กล่าวคือก่อนจะนำเอาเครื่องมือวัดรังสีใด ๆ ไปใช้ในงานวิจัย ควรนำเครื่องมือเหล่านี้มาทำการสอบเทียบกับเครื่องมือวัดรังสีมาตรฐานทุติยภูมิทั้ง 2 ชุดนี้ก่อน เพื่อให้ผลที่อ่านได้มีความถูกต้องมากขึ้น

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ผนวก ก.

วิธีหาค่าพลังงานยังผล

โดยปรกติรังสีเอกซ์ซึ่งได้จากหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์จะมีพลังงานต่าง ๆ หลายค่าออกมาพร้อมกัน (Continuous Spectrum) ซึ่งในทางปฏิบัติมีความจำเป็นที่จะต้องทราบค่าพลังงานเฉลี่ยของรังสีเอกซ์เหล่านั้น แต่เนื่องจากการหาค่าพลังงานเฉลี่ยในสเปตรัมของรังสีเอกซ์ทำได้ยาก นักวิทยาศาสตร์จึงได้กำหนดวิธีการหาพลังงานที่เทียบเท่า (Equivalent Energy) ของสเปคตรัมนั้น ๆ โดยการเปรียบเทียบจากค่าความหนาครึ่งค่า กล่าวคือถ้าสเปคตรัมของรังสีเอกซ์มีค่าความหนาครึ่งค่าเท่ากับพลังงานของรังสีแกมม่าใด ๆ แล้ว ก็อาจถือเสมือนหนึ่งว่าสเปคตรัมของรังสีเอกซ์นั้นมีพลังงานเทียบเท่ากับรังสีแกมม่าที่มีพลังงานค่าเดียว (Monoenergetic Radiation) ดังกล่าว ซึ่งค่าพลังงานที่เทียบเท่าดังกล่าวนี้เรียกว่า พลังงานยังผล (Effective Energy) ดังนั้นวิธีการหาค่าพลังงานยังผล จึงอาจทำได้โดยการหาแหล่งกำเนิดรังสีแกมม่า ที่ทราบค่าพลังงานแล้วมาหลาย ๆ ชนิด และถ้าเป็นไปได้ควรจะเป็นแหล่งกำเนิดรังสีที่ให้รังสีแกมม่าออกมามีพลังงานเดียว (Monoenergetic Source) นำมาหาค่าความหนาซึ่งค่าของรังสีที่ได้จากแหล่งกำเนิดรังสีเหล่านี้ แล้วนำผลที่ได้มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพลังงานยังผล และค่าความหนาครึ่งค่า ดังแสดงในกราฟรูปที่ 4.11 และ 4.12

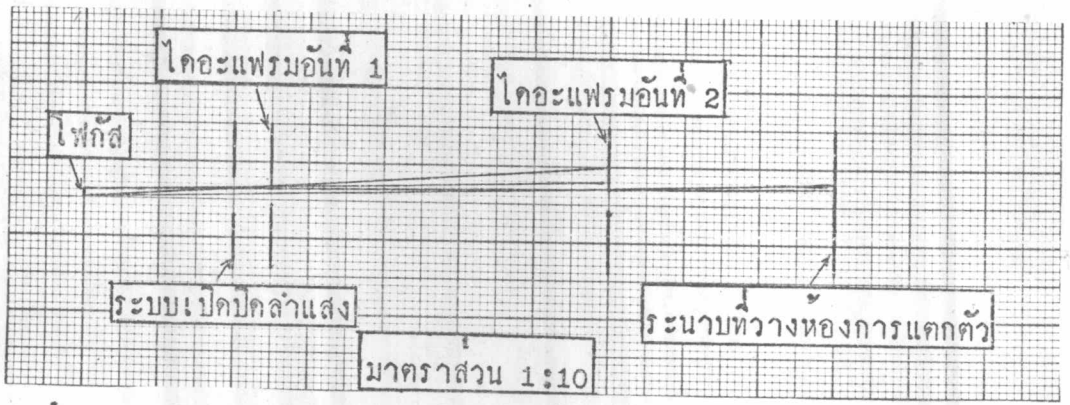
จากกราฟที่ได้นี้ ถ้าต้องการทราบค่าพลังงานยังผลของรังสีเอกซ์ที่ค่า - กิโลโวลเตจต่าง ๆ ก็จะทำได้โดยการวัดค่าความหนาครึ่งค่าของรังสีเอกซ์ที่ค่ากิโลโวลเตจนั้น ๆ แล้ว ไปอ่านค่าพลังงานยังผลได้จากกราฟดังกล่าวได้เลย

อย่างไรก็ตามสเปคตรัมของรังสีเอกซ์ที่ต่างกันก็อาจวัดค่าความหนาครึ่งค่าได้เท่ากัน ดังนั้นการกำหนดค่าพลังงานยังผลโดยวิธีนี้จึงค่อนข้างหยาบ แต่เนื่องจากความไวของเครื่องมือวัดรังสีไม่ขึ้นอยู่กับคุณภาพของรังสี (Quality of the Radiation) มากนัก กล่าวคือ ถ้าพลังงานของรังสีเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อย ความไวของเครื่องมือวัดรังสีจะมีค่าเกือบคงที่ ดังนั้นการกำหนดค่าพลังงานยังผลโดยวิธีนี้จึงพออนุโลมในทางปฏิบัติได้

ผนวก ข.

<u>ปัญหาเกี่ยวกับเพนอัมบร้า เอฟเฟคท์ และวิธีการแก้ไข</u>

เนื่องจากจุดโฟกัสของเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ที่ใช้ในการวิจัยนี้ไม่เป็นจุดจริง ๆ (point Source) จากหนังสือคู่มือประจำเครื่องนี้ พบว่าโฟกัสของหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์นี้มีขนาด 8 มม. x 8. มม. ดังนั้นปริมาณรังสีที่ได้ออกมาที่ขนาดลำรังสีต่าง ๆ (ปรับขนาดโดยอาศัยระบบเปิดปิดลำแสง) จะพบว่าที่บริเวณขอบของลำรังสีจะมีปริมาณรังสีน้อยกว่าบริเวณกลางลำรังสี ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า เพนอัมบร้า เอฟเฟคท์ (Penumbra Effect)



<u>รูปที่</u> ผ.1 แสดงการจัดไดอะแฟรมเพื่อแก้ปัญหาเรื่องเพนอัมบร้า เอฟเฟคท์ในการวิจัยนี้

จากรูปที่ ผ.1 จะเห็นว่าถ้าหากมีเพียงระบบเปิดปิดลำแสงเท่านั้นแล้ว เพนอัมบร้า เอฟเฟคท์ จะมีค่ามากหรือน้อยเพียงไรขึ้นอยู่กับตัวประกอบต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ –

1. ขนาดของโฟกัส ถ้าขนาดของโฟกัสใหญ่ก็จะเกิดเพนอัมบร้า เอฟเฟคท์มากกว่าขนาดโฟกัสเล็ก

2. ระยะระหว่างโฟกัสและระนาบที่วางห้องการแตกตัว ถ้าระยะดังกล่าวมีค่ามากก็จะเกิดเพนอัมบร้าเอฟเฟคท์น้อย ถ้าระยะดังกล่าวมีค่าน้อยก็จะเกิดเพนอัมบร้าเอฟเฟคท์ได้มาก

3. ระยะระหว่างไดอะแฟรมอันที่ 2 กับระนาบที่วางห้องการแตกตัว ถ้าระยะนี้มีค่าน้อยเพนอัมบร้า เอฟเฟคท์ ก็จะมีค่าน้อยตามไปด้วย ถ้าระยะนี้มีค่ามากเพนอัมบร้า เอฟเฟคท์ ก็จะมีค่ามากตามไปด้วย

แต่เนื่องจากในการทดลองครั้งนี้ตัวประกอบตามข้อ 1 และ 2 มีค่าคงที่ ดังนั้นแพนอัมบร้า เอฟเฟคท์ จะมีค่ามากหรือน้อยจึงขึ้นอยู่กับตัวประกอบตามข้อ 3 เท่านั้น ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องสร้างไดอะแฟรมอันที่ 2 ไปวางไว้ให้อยู่ค่อนข้างใกล้ระนาบที่วางห้องการแตกตัวเพื่อลดเพนอัมบร้า เอฟเฟคท์ ดังกล่าว ซึ่งจะเห็นได้จากรูปที่ ผ.1 นี้ว่า ถ้ามีเพียงไดอะแฟรมอันที่ 1 เท่านั้น เพนอัมบร้าที่เกิดขึ้นที่ระนาบที่วางห้องการแตกตัวจะมีค่ามากกว่าเมื่อมีไดอะแฟรมอันที่ 2 อยู่ด้วย