บทที่ 5

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

ในการทดลองนี้ได้ใช้หัววัดที่ออกแบบสร้างขึ้น ทำการทดสอบการทำงาน ซึ่งผลการทดสอบการทำงาน สามารถแยกได้เป็น 3 หัวข้อใหญ่ ๆ คือ ผลการทดสอบการทำงานโดยทั่วไป จะทำให้ทราบถึงความดันสูงสุด , ปริมาตรยังผล (effective volume) ความต่างศักย์และความดันที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานของหัววัดนี้ นอกจากนี้ยังได้ทำการทดสอบการทำงานของหัววัด ในสนามรังสีแกมมามาตรฐาน ซึ่งทำให้ทราบถึงการตอบสนองของหัววัดต่อความเข้มของกัมมันตรังสีและการตอบสนองของกาซแต่ละชนิดที่บรรจุในหัววัดต่อรังสีแกมมา การทดสอบการทำงานของหัววัดในลักษณะสุดท้าย ก็คือการทดสอบการทำงานของหัววัดในสนามรังสีผสม นิวตรอน-แกมมา ทำให้ทราบถึงการตอบสนองของกาซแต่ละชนิดที่บรรจุในหัววัด ต่อสนามรังสีผสมนิวตรอน-แกมมา เพื่อเป็นแนวทางในการวิเคราะห์แยกปริมาณโคสของรังสีนิวตรอนและแกมมาต่อไป ซึ่งจะแยกกล่าวถึงรายละเอียดในแต่ละหัวข้อต่อไปนี้

5.1 ผลการทดสอบและการวิจารณ์ผลการทำงานโดยทั่วไป

ผลการตรวจสอบการทำงานโดยทั่วไปของไอออนไนเซชันแชมเบอร์ เริ่มที่ตรวจสอบการรั่วไหลของกาซที่บรรจุในแชมเบอร์ ตามหัวข้อที่ 4.1 ผลการตรวจสอบไอออนไนเซชันแชมเบอร์ที่ทำการสร้างขึ้นมานี้ สามารถรับแรงดันของกาซภายในแชมเบอร์ได้สูงถึง 10 เท่าของความดันบรรยากาศโดยไม่เกิดการรั่วไหลของกาซที่บรรจุภายในแชมเบอร์ขึ้น

การตรวจสอบการทำงานของไอออนไนเซชันแชมเบอร์ในช่วงถัดไปคือ การหาค่าความต่างศักย์และความดันที่เหมาะสมสำหรับการใช้งาน ตามหัวข้อที่ 4.2 ผลการทดลองรูปที่ 4.1 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าที่อ่านได้ เมื่อเปลี่ยนค่าความต่างศักย์ระหว่างขั้วอิเลคโทรดทั้งสอง ซึ่งกาซที่บรรจุภายในแชมเบอร์ เป็นกาซอาร์กอนและกาซโปรเปนที่ความดัน 74.5 , 100.4 ,126.2 , 152.1 ซม.ของปรอท ตามลำดับ จากกราฟจะเห็นว่า ที่ความดันสูง ความชันของกราฟจะมากและค่ากระแสไฟฟ้าที่อ่านได้จะมีการเปลี่ยนแปลงมาก เมื่อความดันลดลง ความชันของเส้นกราฟจะลดลง และกระแสไฟฟ้า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ที่อ่านได้จะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยลงด้วย สำหรับค่า Threshold Voltage นั้น มีค่าใกล้เคียงกันมากถึงแม้จะเป็นกาซต่างชนิดกันก็ตาม ดังนั้น จึงสรุปจากกราฟได้ว่า ค่าความต่างศักย์ที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานของหัววัดนี้ มีค่า 350 โวลต์ และความดันที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานของหัววัดนี้ คือความดันตั้งแต่ 100.4 ซม. ของปรอทลงมา

การหาปริมาตรยังผล (effective Volume) ตามหัวข้อที่ 4.3

ผลการทดลองในกราฟรูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราปริมาณรังสีที่ตกกระทบ (exposure rate) กับกระแสไฟฟ้าที่ตรวจวัดได้ ค่าของกระแสไฟฟ้าที่ตรวจวัดได้จะเปลี่ยนไปตามความเข้มของกัมมันตภาพรังสี ตามสมการที่ 2.1 ความชันของกราฟมีค่า 1.85×10^{-11} แอมแปร์. ชั่วโมง/เรินเกนท์ ซึ่งคำนวณหาปริมาตรยังผลได้เท่ากับ 220 ซม.^{3} ปริมาตรจริงของไอออนไนเซชันแชมเบอร์เท่ากับ 298 ซม.^{3} ดังนั้นปริมาตรยังผลจะน้อยกว่าปริมาตรจริงถึง 26% ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบหัววัดไอออนไนเซชันแชมเบอร์จาก Schulz (1978) แล้ว ปริมาตรยังผลจะน้อยกว่าปริมาตรจริงเพียง 2.3 % ในขณะที่ Dumronggit (1983) วัดปริมาตรยังผลได้น้อยกว่าปริมาตรจริง 4.5 % จะเห็นว่าปริมาตรยังผลของไอออนไนเซชันแชมเบอร์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้น้อยกว่าปริมาตรจริงมาก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากประจุที่เกิดจากการแตกตัวของกาซภายในหัววัด มีการสูญเสียพลังงานไปจนหมดก่อนที่จะเคลื่อนที่ไปถึง Collector electrode จึงทำให้การนับประจุที่เกิดขึ้นน้อยกว่าประจุที่เกิดขึ้นจริง ๆ เมื่อนำประจุไปคำนวณหาปริมาตรยังผลจึงได้น้อยกว่าปริมาตรจริง

5.2 <u>ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลองหัววัดในสนามรังสีแกมมามาตรฐาน</u>

การทดลองหัววัดในสนามรังสีแกมมาดังหัวข้อที่ 4.4 ซึ่งผลการทดลองแสดงดังในกราฟรูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับส่วนกลับของระยะทางกำลังสอง จากกราฟสามารถแยกพิจารณาได้ 2 กรณี คือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(i) การตอบสนองของหัววัดต่อความเข้มของกัมมันตรังสี

จากเส้นกราฟของกาซแต่ละชนิดที่ได้จากการทดลองจะเห็นว่า เมื่อส่วนกลับของระยะทางกำลังสองเพิ่มมากขึ้น กระแสไฟฟ้าที่วัดได้จะเพิ่มมากขึ้นด้วย ทั้งนี้ เนื่องจากจำนวน flux ของรังสีแกมมาจะลดลง ซึ่งก็คือความเข้มของกัมมันตรังสีจะลดลงด้วย เมื่อระยะทางจากแหล่งกำเนิดรังสีถึงหัววัดเพิ่มมากขึ้นเป็นไปตาม Inverse square law สำหรับแหล่งกำเนิดรังสีแบบจุด (Point Source) แต่ในความเป็นจริงแหล่งกำเนิดรังสีที่ใช้ไม่เป็นแบบจุด ผลการตรวจสอบหัววัดที่สร้างขึ้นมานี้จึงไม่สามารถกล่าวได้ว่าเป็นไปตาม Inverse Square law แต่สามารถกล่าวได้ว่าหัววัดรังสีที่สร้างขึ้นมานี้มีการตอบสนองต่อความเข้มของกัมมันตรังสีเป็นแบบเชิงเส้น

(ii) การตอบสนองของกาซที่บรรจุในหัววัดที่มีต่อรังสีแกมมาพลังงาน 0.662 MeV.

จากกราฟรูปที่ 4.3 จะเห็นว่ากาซโปรเปนตอบสนองได้ดีที่สุด ถัดมาเป็นกาซอาร์กอน, กาซอเซทิลีนและกาซไนโตรเจนตามลำดับ สำหรับรังสีแกมมาพลังงาน 0.662 MeV เมื่อเปรียบเทียบผลการตอบสนองของกาซแต่ละชนิดที่ได้จากการทดลองกับการตอบสนองในเทอมของไอออนไนเซชันต่อหนึ่งหน่วย ลบ.ซม.ต่อหนึ่งแรดในเนื้อเยื่อของกาซแต่ละชนิด จากกราฟในรูปที่ 3.1 จะเห็นได้ว่าสอดคล้องกันกล่าวคือ กาซโปรเปนจะตอบสนองได้ดีที่สุด ส่วนกาซไนโตรเจนจะตอบสนองได้น้อยที่สุดและอัตราส่วนของการตอบสนองของกาซแต่ละชนิดที่ได้จากการทดลองกับที่ได้จากทฤษฎีการคำนวณมีค่าใกล้เคียงกันมากดังแสดงผลเปรียบเทียบไว้ในตารางที่ 5.1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 5.1 แสดงผลการเปรียบเทียบอัตราส่วนการตอบสนองของกาซชนิดต่าง ๆ เนื่องจากรังสีแกมมาพลังงาน 0.662 MeV ระหว่างผลที่ได้จากทฤษฎีการคำนวณและจากการทดลอง

กาซ A /กาซ B	อัตราส่วนการตอบสนอง	
	ทฤษฎีการคำนวณ	การทดลอง
โปรเปน/อาร์กอน	1.6	1.4
อาร์กอน/อเซทิลีน	1.2	1.4
อเซทิลีน/ไนโตรเจน	1.4	1.4
โปรเปน/ไนโตรเจน	2.7	2.7

5.3 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลองหัววัดในสนามรังสีผสมนิวตรอน-แกมมา

การทดลองหัววัดในสนามรังสีผสมนิวตรอน-แกมมา ได้ทำการทดลองใน 2 กรณีคือ

(1) การทดลองหัววัดในสนามรังสีผสมนิวตรอน-แกมมาจากแหล่งกำเนิดรังสี Am-Be (E_n=0.5-11.5 MeV, E_r = 0.06 MeV และ 4.43 MeV)

ผลการทดลองหัววัดในสนามรังสีผสมนิวตรอน-แกมมาจากแหล่งกำเนิดรังสี Am-Be แสดงไว้ในกราฟรูปที่ 4.4 ซึ่งเป็นกราฟระหว่างกระแสไฟฟ้ากับส่วนกลับของระยะทางกำลังสอง จากกราฟจะเห็นว่า การตอบสนองของหัววัดต่อความเข้มของกัมมันตรังสีจะเป็นลักษณะแบบเชิงเส้น เช่นเดียวกับการทดลองหัววัดในสนามรังสีแกมมาจาก Cs- 137 ส่วนการตอบสนองของกาซแต่ละชนิดที่บรรจุภายในหัววัดจะเห็นว่า กาซอาร์กอนตอบสนองได้ดีที่สุด ถัดมาเป็นกาซโปรเปน , กาซอเซทิลีนและกาซไนโตรเจน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการคำนวณในกราฟรูป 3.1 แต่อัตราส่วนการตอบสนองของกาซแต่ละชนิดที่ได้จากการทดลองเมื่อเปรียบเทียบกับทฤษฎีการคำนวณมีค่าแตกต่างไปบ้างดังแสดงไว้ในตารางที่ 5.2 จะเห็นได้ว่าอัตราส่วนของกาซอาร์กอนต่อกาซโปรเปนและกาซอาร์กอนต่อกาซอเซทิลีน จากการทดลองมีค่าสูงกว่าทฤษฎีการคำนวณ แต่อัตราส่วนของกาซอเซทิลีนต่อกาซไนโตรเจนและกาซโปรเปนต่อกาซไนโตรเจนจากการทดลองมีค่าต่ำกว่าทฤษฎีการคำนวณ เหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากรังสีแกมมาพลังงานต่ำ (0.06 MeV) เมื่อผ่านเหล็กกล้าหนา 2.4 มม. ที่หุ้มสารกัมมันตรังสีอยู่ ทำให้พลังงานรังสีแกมมานี้ลดลง ซึ่งทำให้กาซอาร์กอนมีการตอบสนองได้สูงขึ้นในขณะที่กาซโปรเปนและกาซอเซทิลีนมีการตอบสนองที่ต่ำลง ดังกราฟรูปที่ 3.1

(ii) การทดลองหัววัดในสนามรังสีผสมนิวตรอน-แกมมาจากแหล่งกำเนิดรังสี Am-Be ที่หุ้มด้วยตะกั่วหนา 1.7 มม. (E_n=0.5-11.5 MeV, E_γ= 4.43 MeV)

ผลการทดลองหัววัดในสนามรังสีผสมนิวตรอน-แกมมาจากแหล่งกำเนิดรังสี Am-Be ที่หุ้มด้วยตะกั่วหนา 1.7 มม. แสดงไว้ในกราฟรูปที่ 4.5 ซึ่งเป็นกราฟระหว่างกระแสไฟฟ้ากับส่วนกลับของระยะทางกำลังสอง จากกราฟจะเห็นได้ว่ากาซโปรเปนจะตอบสนองได้ดีที่สุด ถัดมาเป็นกาซอเซทิลีน , กาซอาร์กอนและกาซไนโตรเจนจะตอบสนองได้น้อยที่สุด ซึ่งก็สอดคล้องกับทฤษฎีการคำนวณในกราฟรูปที่ 3.1 และอัตราส่วนการตอบสนองของกาซแต่ละชนิดที่ได้จากการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบกับทฤษฎีการคำนวณมีค่าใกล้เคียงกันมาก ดังแสดงไว้ในตารางที่ 5.3

จากผลการตอบสนองของกาซแต่ละชนิดที่บรรจุภายในหัววัด สามารถนำไปวิเคราะห์คำนวณหาปริมาณโคสของรังสีนิวตรอนและแกมมา ในสนามรังสีผสมนิวตรอน-แกมมาต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 5.2 แสดงผลการเปรียบเทียบอัตราส่วนการตอบสนองของกาซชนิดต่าง ๆ เนื่องจากสนามรังสีผสมนิวตรอน-แกมมาจากแหล่งกำเนิดรังสี Am-Be ระหว่างผลที่ได้จากทฤษฎีการคำนวณในกราฟรูป 3.1 และจากการทดลอง

กาซ A /กาซ B	อัตราส่วนการตอบสนอง	
	ทฤษฎีการคำนวณ	การทดลอง
อาร์กอน/โปรเปน	2.3	3.2
อาร์กอน/อเซทิลีน	6.0	7.6
อเซทิลีน/ไนโตรเจน	1.6	1.3
โปรเปน/ไนโตรเจน	3.8	3.1

ตารางที่ 5.3 แสดงผลการเปรียบเทียบอัตราส่วนการตอบสนองของกาซชนิดต่าง ๆ เนื่องจากสนามรังสีผสมนิวตรอน-แกมมาจากแหล่งกำเนิดรังสี Am-Be ที่หุ้มด้วยตะกั่วหนา 1.7 มม. ระหว่างผลที่ได้จากทฤษฎีการคำนวณในกราฟรูป 3.1 และจากการทดลอง

กาซ A /กาซ B	อัตราส่วนการตอบสนอง	
	ทฤษฎีการคำนวณ	การทดลอง
โปรเปน/อาร์กอน	3.5	3.5
อเซทิลีน/อาร์กอน	1.3	1.2
อเซทิลีน/ไนโตรเจน	1.9	1.8
โปรเปน/ไนโตรเจน	5.3	5.2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5.3.1 การวิเคราะห์ผลการทดลองวัดโคส

การปลดปล่อยรังสีนิวตรอนและรังสีแกมมาจากแหล่งกำเนิดรังสี Am-Be ในหัวข้อที่ 4.5 จะสังเกตได้ว่าจำนวนรังสีแกมมาพลังงานต่ำ (0.06 MeV) ที่ปลดปล่อยออกมามีจำนวนมากกว่ารังสีนิวตรอนมากถึงประมาณ 10^3 เท่า ทำให้เกินขีดจำกัดของการแยกโคสในสนามรังสีผสม สำหรับกาซคูอาร์กอน-โปรเปนและไนโตรเจน-อเซทิลีน ดังกราฟในรูปที่ 3.2 และกราฟรูปที่ 3.3 ส่วนรังสีแกมมาพลังงานสูง (4.43 MeV) ที่ปลดปล่อยออกมานี้จำนวน 0.75 เท่าของจำนวนรังสีนิวตรอน (Venkataraman , 1970) ซึ่งอยู่ในขีดจำกัดของการแยกโคสในสนามรังสีผสม ดังกราฟรูปที่ 3.3 สำหรับกาซคูอาร์กอนโปรเปนและกราฟรูปที่ 3.4 สำหรับกาซคูไนโตรเจน-อเซทิลีน นอกจากนั้นจากผลการทดลองหัววัดในสนามรังสีนิวตรอน-แกมมาจะเห็นได้ว่า รังสีแกมมาพลังงานต่ำ (0.06 MeV) มีผลต่อการตอบสนองของกาซที่บรรจุภายในหัววัดมาก ซึ่งทำให้อัตราส่วนการตอบสนองของกาซที่บรรจุภายในหัววัดที่ได้จากทฤษฎีการคำนวณและจากการทดลองแตกต่างกัน เมื่อนำการตอบสนองของกาซที่บรรจุภายในหัววัดไปวิเคราะห์คำนวณหาปริมาณโคสของรังสีนิวตรอนและรังสีแกมมาจะทำให้ผลการคำนวณคลาดเคลื่อนไป จากเหตุผลดังกล่าว ดังนั้น ในการวิเคราะห์คำนวณหาปริมาณโคสของรังสีนิวตรอนและรังสีแกมมาจึงใช้สนามรังสีผสมนิวตรอน-แกมมาจากแหล่งกำเนิดรังสี Am-Be ที่หุ้มด้วยตะกั่วหนา 1.7 มม. วิเคราะห์หาปริมาณโคสได้จากสมการ 2.4 - 2.13 โดยใช้ข้อมูลเดียวกับกราฟในรูปที่ 4.5

พลังงานที่ใช้ในการเกิดไอออนคู่ เนื่องจากรังสีแกมมา (W_r) และเนื่องจากรังสีนิวตรอน (W_n) สำหรับกาซอาร์กอน , กาซโปรเปน, กาซไนโตรเจนและกาซอเซทิลีนได้จากข้อมูลของ Whyte (1963) และ Schulz (1978)

อัตราส่วนสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเชิงมวล ของเนื้อเยื่อต่อกาซ $(\mu_{en}/\rho)^m_g$, (r_K/m_g) สำหรับรังสีแกมมาพลังงาน 4.43 MeV คำนวณจากตารางของ Evan (1968)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อัตราส่วนค่าเคอร์มาของเนื้อเยื่อต่อกาซ ($K/_{g}^{n}$) สำหรับรังสีนิวตรอนที่ปลดปล่อยออกมาจาก Am-Be ใช้ สเปกตรัมของ Geiger และ Swan (1970) จากกราฟรูปที่ 2.2 มา Weight หาค่าเคอร์มาเฉลี่ยสำหรับค่าเคอร์มาที่นิวตรอนพลังงานต่าง ๆ เอามาจากตารางของ ICRU (1977)

อัตราส่วนการตอบสนองของกาซคูอาร์กอน-โปรเปนของรังสีแกมมาพลังงาน 4.43 MeV (^{r}k) เท่ากับ 0.70 ของรังสีนิวตรอน (^{n}k) เท่ากับ 0.0094 ส่วนการตอบสนองของกาซคูไนโตรเจน-อเซทิลีนของรังสีแกมมาพลังงาน 4.43 MeV (^{r}k) เท่ากับ 0.74 สำหรับรังสีนิวตรอน (^{n}k) เท่ากับ 0.23

ค่า ^{n}k และ ^{r}k คำนวณได้จากสมการ 2.6-2.7 โดยอาศัยข้อมูลจากกราฟในรูป 3.1 ซึ่งสามารถนำไปวิเคราะห์การตอบสนองของหัววัด ในเทอมของไอออนไนเซชันต่อหนึ่งหน่วยมวลของกาซที่บรรจุภายในหัววัดในเวลา 1 ชั่วโมง (คูลอมบ์/กรัม-ชั่วโมง) ตามสมการ 2.8-2.11 ผลการวิเคราะห์หาค่าการตอบสนองของกาซคูอาร์กอน-โปรเปนและไนโตรเจน-อเซทิลีนที่มีต่อสนามผสมนิวตรอน-แกมมา แสดงในตารางที่ 5.5 และ 5.6 จากผลการตอบสนองของหัววัดในเทอมของไอออนไนเซชันต่อหนึ่งหน่วยมวลของกาซที่บรรจุภายในหัววัดในเวลา 1 ชั่วโมง สามารถนำไปคำนวณหาปริมาณโดสได้จากสมการ 2.12-2.13 โดยอาศัยค่าคงที่ต่าง ๆ จากตารางที่ 5.4 ปริมาณโดสที่คำนวณได้มีหน่วยเป็นแรด (Rad) และแปลงเป็นหน่วยองค์ประกอบโดส (Dose equivalent) ในหน่วยเรม (Rem) โดยคูณด้วย Quality factor เนื่องจากรังสีแกมมาเท่ากับ 1 (Morgan, 1973) และ Quality factor เนื่องจากรังสีนิวตรอนเท่ากับ 7 (Kiefer et al., 1972)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 5.4 แสดงค่าคงที่ต่าง ๆ สำหรับการคำนวณองค์ประกอบโดส

	ความหนาแน่น (กรัม/ลิตร)	Wn (eV)	Wr (eV)	$K/_g^m$	$\mu en/\rho/_g^m$
<u>กาซอาร์กอน</u>	1.78	26.4	26.2	53.73	1.10
<u>กาซโปรเปน</u>	2.01	26.2	24.0	0.58	0.95
<u>กาซไนโตรเจน</u>	1.25	36.6	34.6	4.01	1.09
<u>กาซอเซทิลีน</u>	1.17	27.2	25.7	1.21	1.03

5.3.2 <u>ผลการวัดโดสและการวิจารณ์</u>

ผลการวัดองค์ประกอบโดส (Dose equivalent) ในหน่วย Sievert (Sv) (1 Rem= 10^{-2} Sv / ชั่วโมง) สำหรับกาซคูอาร์กอน-โปรเปน และไนโตรเจน-อเซทิลีน จากสารกัมมันตรังสี Am-Be ที่หุ้มด้วยตะกั่วหนา 1.7 มม. ที่ระยะทางต่าง ๆ แสดงไว้ในตารางที่ 5.7 และ 5.8

จากตารางที่ 5.5 และ 5.6 ได้แสดงการตอบสนองของไอออนไนเซชันแชมเบอร์ ที่บรรจุกาซคูอาร์กอน-โปรเปนและกาซคูไนโตรเจน-อเซทิลีน เนื่องจากสนามรังสีผสมนิวตรอน-แกมมา จากแหล่งกำเนิดรังสี Am-Be ที่หุ้มด้วยตะกั่วหนา 1.7 มม. จะสังเกตเห็นว่าเมื่อแยกรังสีนิวตรอนและรังสีแกมมาออกจากสนามรังสีผสมแล้ว ค่าการตอบสนองของรังสีนิวตรอนหรือรังสีแกมมาจะสอดคล้องกับกราฟในรูปที่ 3.1 กล่าวคือ สำหรับกาซคูอาร์กอน-โปรเปน กาซโปรเปนจะตอบสนองต่อทั้งรังสีนิวตรอนและรังสีแกมมาได้ดีกว่ากาซอาร์กอน ส่วนกาซคูไนโตรเจน-อเซทิลีน กาซอเซทิลีนจะตอบสนองต่อทั้งรังสีนิวตรอนและรังสีแกมมาได้ดีกว่ากาซไนโตรเจน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 5.5 แสดงการตอบสนอง (กูลอะม์/กรัม-ชั่วโมง) ของไอออนไนเซชันแชมเบอร์ ที่บรรจุกาซอาร์กอน (a) และกาซโปรเปน (b) เนื่องจากสนามผสมนิวตรอน-แกมมาจากแหล่งกำเนิดรังสี Am-Be ที่หุ้มด้วยตะกั่วหนา 1.7 ซม. แยกเป็นสนามนิวตรอนเพียงอย่างเดียว (^{n}Ra, ^{n}Rb) และสนามแกมมาเพียงอย่างเดียว

ระยะทาง (ซม.)	การตอบสนองของไอออนไนเซชันแชมเบอร์ (10^{-10} กูลอมบ์/กรัม-ชั่วโมง)					
	กาซอาร์กอน (a)			กาซโปรเปน (b)		
	สนามผสม (Ra)	สนามนิวตรอน (^{n}Ra)	สนามแกมมา (^{r}Ra)	สนามผสม (Rb)	สนามนิวตรอน (^{n}Rb)	สนามแกมมา (^{r}Rb)
5	31.9	0.6	31.3	110.0	65.4	44.6
10	13.2	0.3	12.9	50.4	31.9	18.5
15	7.9	0.2	7.8	28.6	17.4	11.2
20	4.9	0.1	4.9	18.4	11.4	7.0
25	3.4	0.09	3.4	13.9	9.1	4.8
30	2.6	0.06	2.6	9.9	6.2	3.7
35	2.1	0.04	2.1	7.4	4.3	3.1
40	1.8	0.03	1.8	5.8	3.2	2.6
45	1.5	0.02	1.5	4.7	2.5	2.2
50	1.3	0.02	1.4	4.0	2.0	1.9
55	1.2	0.01	1.3	3.3	1.5	1.8
60	0.9	0.01	1.0	2.8	1.4	1.4
65	0.8	0.01	0.8	2.4	1.3	1.2
70	0.7	0.009	0.7	2.0	1.0	1.0
75	0.7	0.008	0.7	1.8	0.9	0.9
80	0.6	0.007	0.6	1.7	0.8	0.9
85	0.5	0.007	0.5	1.6	0.8	0.8
90	0.5	0.007	0.5	1.5	0.8	0.7
95	0.4	0.006	0.4	1.4	0.7	0.6
100	0.4	0.006	0.4	1.2	0.7	0.5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 5.6 แสดงการตอบสนอง (คูลอมบ์/กรัม-ชั่วโมง) ของไอออนไนเซชันแชมเบอร์ ที่บรรจุกาซไนโตรเจน (a) และกาซอเซทิลีน (b) เนื่องจากสนามผสมนิวตรอน-แกมมาจากแหล่งกำเนิดรังสี Am-Be ที่หุ้มด้วยตะกั่วหนา 1.7 มม. แยกเป็นสนามนิวตรอนเพียงอย่างเดียว (^{n}Ra, ^{n}Rb) และสนามแกมมาเพียงอย่างเดียว (^{r}Ra, ^{r}Rb)

ระยะทาง (ซม.)	การตอบสนองของไอออนไนเซชันแชมเบอร์ (10^{-10} คูลอมบ์/กรัม-ชั่วโมง)					
	กาซไนโตรเจน (a)			กาซอเซทิลีน (b)		
	สนามผสม (Ra)	สนามนิวตรอน (^{n}Ra)	สนามแกมมา (^{r}Ra)	สนามผสม (Rb)	สนามนิวตรอน (^{n}Rb)	สนามแกมมา (^{r}Rb)
5	38.4	5.4	33.0	68.1	23.5	44.6
10	17.1	2.1	15.0	29.3	9.0	20.3
15	9.2	1.2	8.0	16.1	5.3	10.8
20	5.7	0.9	4.8	10.3	3.8	6.5
25	3.8	0.6	3.2	7.0	2.7	4.3
30	2.8	0.5	2.3	5.4	2.2	3.2
35	2.1	0.5	1.6	4.2	2.0	2.2
40	1.6	0.4	1.2	3.4	1.8	1.6
45	1.3	0.4	0.9	2.8	1.5	1.3
50	1.1	0.3	0.8	2.3	1.2	1.1
55	1.0	0.2	0.8	2.0	0.9	1.1
60	0.9	0.2	0.7	1.7	0.7	1.0
65	0.7	0.1	0.6	1.4	0.6	0.8
70	0.7	0.1	0.6	1.3	0.5	0.8
75	0.6	0.1	0.5	1.2	0.5	0.7
80	0.6	0.09	0.5	1.0	0.4	0.6
85	0.5	0.08	0.4	0.9	0.4	0.5
90	0.4	0.08	0.3	0.7	0.3	0.4
95	0.4	0.07	0.3	0.7	0.3	0.4
100	0.4	0.07	0.3	0.7	0.3	0.4

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากผลการตอบสนองของไอออนไนเซชันแชมเบอร์ สามารถนำไปคำนวณและพิจารณาองค์ประกอบโคส ผลการคำนวณองค์ประกอบโคส แสดงไว้ในตารางที่ 5.7 และ 5.8 จะสังเกตว่าองค์ประกอบโคสของรังสีแกมมา น้อยกว่าองค์ประกอบโคสของรังสีนิวตรอนประมาณ 6 เท่า ทั้งนี้เนื่องจากตะกั่วที่ใช้หุ้มแหล่งกำเนิดรังสี Am-Be จะดูดกลืนรังสีแกมมาพลังงานต่ำถึง 99.99 % ในขณะที่ดูดกลืนรังสีแกมมาพลังงานสูง (4.43 MeV) ประมาณ 7.8 % ส่วนรังสีนิวตรอนจะถูกตะกั่วดูดกลืนน้อยมาก จึงทำให้องค์ประกอบโคสของรังสีแกมมาน้อยกว่ารังสีนิวตรอน

เมื่อพิจารณากาซคูอาร์กอน-โปรเปน จากกราฟในรูปที่ 3.1 ณ พลังงานของรังสีแกมมา 4.43 MeV และรังสีนิวตรอน 0.5-11.5 MeV จะเห็นว่ากาซโปรเปนจะตอบสนองต่อรังสีแกมมาสูงกว่ากาซอาร์กอนเล็กน้อย แต่จะตอบสนองต่อรังสีนิวตรอนสูงกว่ากาซอาร์กอนถึง 120 เท่า ดังนั้น จึงกล่าวได้ว่าองค์ประกอบโคสของรังสีนิวตรอนและรังสีแกมมาที่คำนวณได้เนื่องจากกาซโปรเปน น่าจะมีความเชื่อมั่นสูงกว่ากาซอาร์กอน ในกรณีกาซคูไนโตรเจน-อเซทิลีนก็เช่นเดียวกัน คือกาซอเซทิลีนจะตอบสนองต่อรังสีแกมมาสูงกว่ากาซไนโตรเจนเล็กน้อย แต่จะตอบสนองต่อรังสีนิวตรอนสูงกว่ากาซไนโตรเจนประมาณ 4 เท่า ดังนั้น จึงกล่าวได้ว่าองค์ประกอบโคสของรังสีนิวตรอนและรังสีแกมมาเนื่องจากกาซอเซทิลีนน่าจะให้ความเชื่อมั่นได้สูงกว่า

เมื่อเปรียบเทียบกาซคูอาร์กอน-โปรเปน และกาซคูไนโตรเจน-อเซทิลีน สำหรับพลังงานของรังสีแกมมา 4.43 MeV และรังสีนิวตรอน 0.5-11.5 MeV จากกราฟในรูปที่ 3.1 จะเห็นได้ว่าการตอบสนองของกาซอาร์กอนต่อรังสีแกมมาสูงกว่าการตอบสนองของกาซอาร์กอนต่อรังสีนิวตรอนมากถึง 120 เท่า แต่สำหรับกาซไนโตรเจนนั้นตอบสนองต่อรังสีแกมมาสูงกว่ารังสีนิวตรอนเพียง 4 เท่า นอกจากนั้นกาซโปรเปนยังตอบสนองต่อรังสีนิวตรอนและรังสีแกมมาสูงกว่ากาซอเซทิลีน ดังนั้น จึงอาจกล่าวได้ว่ากาซคูอาร์กอน-โปรเปน น่าจะให้ความเชื่อมั่นในการวัดได้สูงกว่า กาซคูไนโตรเจน-อเซทิลีน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 5.7 ผลการวิเคราะห์ปริมาณรังสี (usv /ชั่วโมง) ในสนามยสม Am-Be ที่หุ้มด้วยตะกั่วหนา 1.7 มม. เมื่อใช้กาซอาร์กอนและโปรเปนบรรจุในแชมเบอร์

ระยะทาง (ซม.)	ปริมาณรังสีสมมูลย์ (usv /ชั่วโมง)					
	กาซอาร์กอน			กาซโปรเปน		
	นิวตรอน (Dn)	แกมมา (Dr)	นิวตรอน-แกมมา (Dn+r)	นิวตรอน (Dn)	แกมมา (Dr)	นิวตรอน-แกมมา (Dn+r)
5	608.8	90.2	699.0	682.9	102.1	795.0
10	297.6	37.2	334.8	338.7	42.1	380.8
15	162.5	22.5	185.0	184.9	25.5	210.4
20	106.4	14.1	120.5	121.1	15.9	137.0
25	84.7	9.7	94.4	96.5	11.0	107.5
30	57.9	7.4	65.3	65.9	8.4	74.3
35	40.2	6.1	46.3	45.8	7.0	52.8
40	29.4	5.3	34.7	33.5	6.0	39.5
45	23.1	4.4	27.5	26.3	5.0	31.3
50	19.0	3.9	22.9	21.6	4.4	26.0
55	14.3	3.6	17.9	16.3	4.1	20.4
60	13.3	2.8	16.1	15.2	3.2	18.4
65	11.6	2.4	14.0	13.2	2.7	15.9
70	9.2	2.1	11.3	10.5	2.4	12.9
75	8.4	1.9	10.3	9.5	2.2	11.7
80	7.7	1.8	9.5	8.8	2.0	10.8
85	7.5	1.5	9.0	8.5	1.7	10.2
90	7.2	1.4	8.6	8.2	1.6	9.8
95	6.9	1.3	8.2	7.9	1.4	9.3
100	6.7	1.1	7.8	7.7	1.2	8.9

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 5.8 ผลการวิเคราะห์ปริมาณรังสี (usv /ชั่วโมง) ในสนามของสม Am-Be ที่หุ้มด้วยตะกั่ว หนา 1.7 มม. เมื่อใช้การไนโตรเจนและอเซทิลีนบรรจุในแชมเบอร์

ระยะทาง (ซม.)	ปริมาณรังสีสมมูลย์ (usv /ชั่วโมง)					
	การไนโตรเจน			การอเซทิลีน		
	นิวตรอน (Dn)	แกมมา (Dr)	นิวตรอน-แกมมา (Dn +r)	นิวตรอน (Dn)	แกมมา (Dr)	นิวตรอน-แกมมา (Dn+r)
5	556.1	124.5	680.6	540.9	118.3	659.2
10	213.6	56.6	270.2	207.8	53.7	261.5
15	126.3	30.2	156.5	122.8	28.7	151.5
20	88.9	18.2	107.1	86.5	17.3	103.8
25	64.8	12.1	76.9	63.0	11.5	74.5
30	51.0	8.8	59.8	49.6	8.4	58.0
35	46.5	6.1	52.6	45.3	5.8	51.1
40	43.3	4.5	47.8	42.1	4.2	46.3
45	36.2	3.5	39.7	35.2	3.3	38.5
50	28.9	3.0	31.9	28.1	2.8	30.9
55	21.1	2.9	24.0	20.5	2.8	23.3
60	17.7	2.7	20.4	17.2	2.6	19.8
65	14.9	2.4	17.3	14.5	2.2	16.7
70	12.0	2.2	14.2	11.7	2.1	13.8
75	11.7	1.8	13.5	11.5	1.7	13.2
80	8.9	1.7	10.6	8.6	1.6	10.2
85	8.5	1.4	9.9	8.3	1.4	9.7
90	8.2	1.2	9.4	8.0	1.2	9.2
95	7.4	1.1	8.5	7.2	1.1	8.3
100	7.0	1.0	8.0	6.8	0.9	7.7

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แต่อย่างไรก็ตาม ผลการคำนวณของรังสีนิวตรอนและรังสีแกมมาจากกาซคูอาร์-โปรเปน และกาซคูไนโตรเจน-อเซทิลีน ก็ให้ผลใกล้เคียงกัน

การทดลองวัดและแยกองค์ประกอบโดสของงานวิจัยนี้ มีปัญหาที่เกิดขึ้น เนื่องจากรังสีแกมมาพลังงานต่ำกว่า 0.2 MeV กาซอาร์กอนจะมีการตอบสนองได้สูงกว่ารังสีแกมมาพลังงานสูง (4.43 MeV) ถึงประมาณ 14 เท่า นอกจากนั้นสำหรับรังสีแกมมาพลังงานต่ำยังตอบสนองต่อกาซโปรเปนและกาซอเซทิลีนลดลงกว่ารังสีแกมมาพลังงานสูง ดังนั้น ถ้าไม่สามารถทราบสเปคตรัมและพลังงานของรังสีแกมมาที่แน่นอนก็จะทำให้การคำนวณแยกองค์ประกอบโดสขาดความแม่นยำไป นอกจากนั้นสิ่งที่จะทำให้เกิดความผิดพลาดขึ้นได้อาจมาจาก ค่าเคอร์มา , ค่า W, สเปคตรัมของรังสีนิวตรอน และในการทดลองนี้เป็นการวัดประจุหรือกระแสไฟฟ้าโดยตรง (absolute measurement) เมื่อนำไปคำนวณองค์ประกอบโดสของรังสีแกมมาและรังสีนิวตรอนแล้วจึงทำให้เกิดความผิดพลาดขึ้นได้ แต่อย่างไรก็ตามในงานวิจัยครั้งนี้ได้แสดงถึงการตอบสนองของกาซอาร์กอน , กาซโปรเปน, กาซไนโตรเจนและกาซอเซทิลีน เนื่องจากรังสีนิวตรอนและรังสีแกมมาพลังงานต่าง ๆ ได้ผลดีพอสมควรและถ้าต้องการหาองค์ประกอบโดสที่ต้องการความแม่นยำสูง จำเป็นต้องทราบสเปคตรัมและพลังงานของรังสีนิวตรอนและรังสีแกมมาที่ต้องการวัดองค์ประกอบโดสที่แน่นอน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved