บทที่ 4

การทดสอบการทำงานของไอออนไนเซชันแชมเบอร์

หัววัดไอออนไนเซชันแชมเบอร์ที่สร้างขึ้นมาในงานวิจัยนี้ มีลักษณะเป็นแบบปิด (Sealed tube) โดยมีผนังสมมูลย์กับอากาศ ดังนั้น ก่อนที่จะนำหัววัดมาใช้งานจึงจำเป็นต้องทำการตรวจสอบ ถึงการรั่วไหลของกาซภายในแชมเบอร์ นอกจากนี้ยังต้องหาความต่างศักย์ที่เหมาะสมสำหรับในการใช้งาน (Operating Voltage), การหาปริมาณยังผล (effective volume) พร้อมทั้งตรวจสอบการทำงานของหัววัดด้วยสนามแกมมาเพียงอย่างเดียวเสียก่อน แล้วจึงจะนำหัววัดมาทดลองใช้วัดในสนามรังสีผสมนิวตรอน-แกมมาต่อไป ในบทนี้จะได้กล่าวถึงวิธีการตรวจสอบการทำงานต่าง ๆ ของไอออนไนเซชันแชมเบอร์ พร้อมทั้งแสดงผลการตรวจสอบด้วย

4.1 การทดสอบการรั่วไหลของกาซภายในไอออนไนเซชันแชมเบอร์

การทดสอบการรั่วไหลของกาซภายในไอออนไนเซชันแชมเบอร์ทำโดยต่อท่อนำกาซของไอออนไนเซชันแชมเบอร์เข้ากับวาวล์ปิด-เปิดกาซซึ่งเปิดอยู่เข้ากับเครื่องปั๊มอากาศเพื่อเพิ่มความดันของอากาศเข้าไปภายในแชมเบอร์ที่ละน้อย ๆ แล้วจึงปิดวาวล์ หลังจากนั้นกดไอออนไนเซชันแชมเบอร์ลงในน้ำ เพื่อตรวจสอบการรั่วของอากาศภายใน ถ้าไม่มีการรั่วไหลของอากาศจึงนำไอออนไนเซชันแชมเบอร์มาตรวจวัดความดันจากเกจวัดความดัน (Pressure gauge) และอ่านค่าความดันภายในแชมเบอร์ไว้ ภายหลังจึงเพิ่มความดันเข้าไปภายในแชมเบอร์อีก และทำการตรวจสอบเช่นเดียวกันจนกระทั่งความดันภายในแชมเบอร์สูงถึงประมาณ 10 เท่าของความดันบรรยากาศ

ผลการตรวจสอบพบว่า ในช่วงแรกที่ความดันยังน้อยประมาณ 1-4 เท่าของความดันบรรยากาศ อากาศภายในแชมเบอร์ยังไม่มีการรั่วไหล หลังจากเพิ่มความดันสูงขึ้นจึงเกิดการรั่วไหลของอากาศ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้ high vacuum

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

grease ทาบริเวณเกลียว และรอยเชื่อมต่อต่าง ๆ ที่จะทำให้เกิดการรั่วไหลของอากาศภายใน จึงทำให้การรั่วไหลของอากาศภายในแชมเบอร์หมดไป

4.2 การหาค่าความต่างศักย์และความดันสำหรับการใช้งาน

ค่าความต่างศักย์สำหรับการใช้งาน (Operating Voltage) ของไอออนไนเซชันแชมเบอร์หาได้โดยต่อไอออนไนเซชันแชมเบอร์ที่บรรจุภายในด้วยกาซอาร์กอนและโปรเปนที่ความดันต่าง ๆ เข้ากับ high voltage power supply และอิเลกทรอมิเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 3.8 ความดันภายในแชมเบอร์ที่ใช้ในการทดลองนี้คือ 74.5, 100.4, 126.2 และ 152.1 ซม. ของปรอท ทั้งนี้เพื่อเป็นการหาความดันที่เหมาะสมสำหรับในการใช้งานของหัววัดนี้ด้วย แหล่งกำเนิดรังสีที่ใช้ในการหาค่าความต่างศักย์และความดันที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานนี้ก็คือ แหล่งกำเนิดรังสีนิวตรอน-แกมมา จาก Am-Be

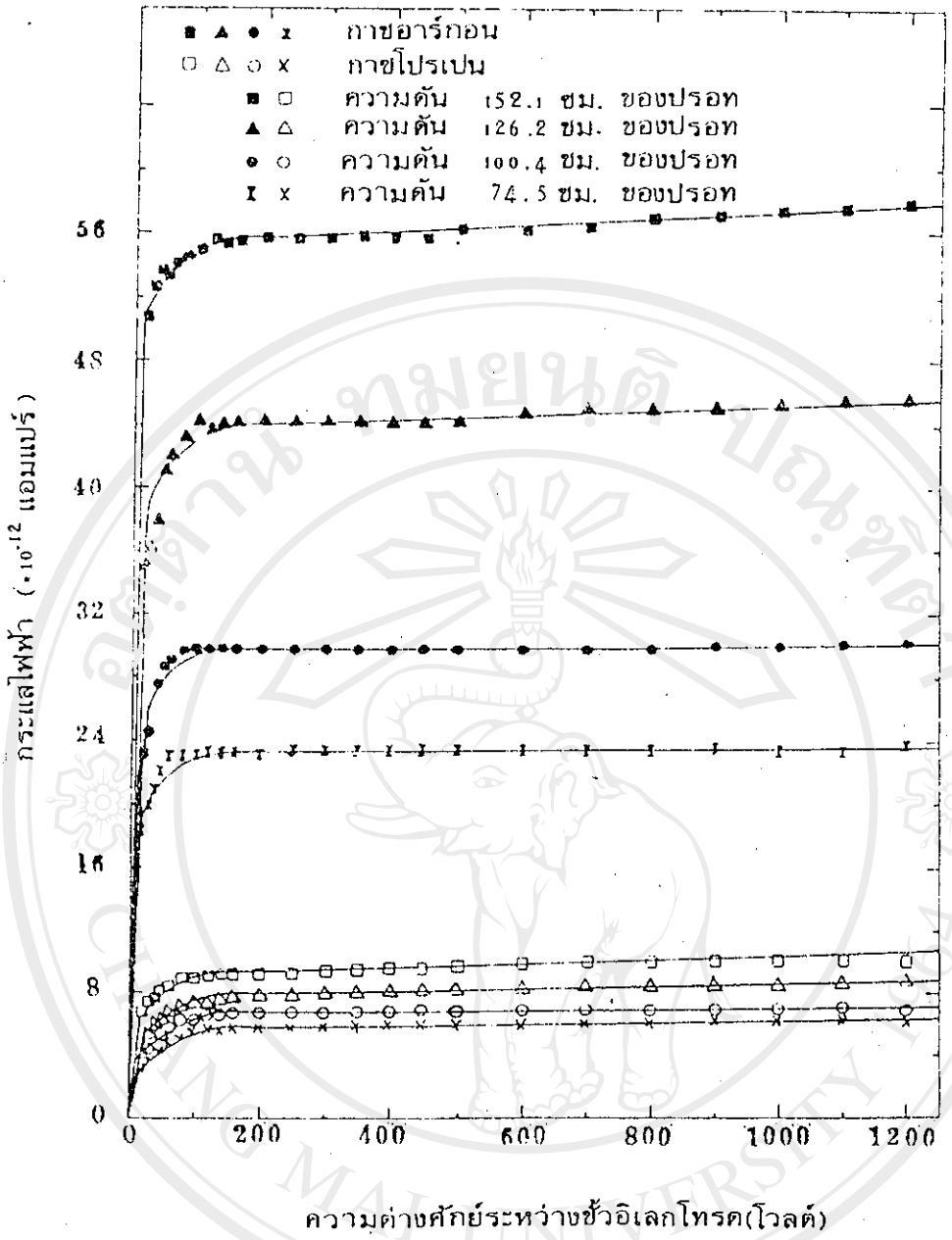
ในการทดลองได้วางแหล่งกำเนิดรังสีห่างจากหัววัดเป็นระยะทาง 5 ซม. บันทึกค่าประจุหรือกระแสไฟฟ้าที่ตรวจวัดได้จากอิเลกทรอมิเตอร์ โดยเพิ่มความต่างศักย์ระหว่างขั้วอิเลกโทรดทั้งสองให้มากขึ้นจาก 0 ถึง 1200 โวลต์

ผลของการตรวจสอบไอออนไนเซชันแชมเบอร์ที่บรรจุกาซอาร์กอนและโปรเปนที่ความดันดังกล่าว จะมีลักษณะดังเส้นกราฟแสดงในรูปที่ 4.1 ซึ่งแสดงถึงค่ากระแสไฟฟ้าที่อ่านได้ เมื่อเปลี่ยนค่าความต่างศักย์ระหว่างขั้วอิเลกโทรด

4.3 การหาปริมาตรยังผล

การหาปริมาตรยังผล (effective volume) ทำได้โดยใช้แหล่งกำเนิดรังสีเรเดียม (Ra-226) ซึ่งห่อหุ้มด้วยโลหะพลาตินัมหนา 2 มม. และมีความแรง 3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับความต่างศักย์เมื่อบรรจุกาซอาร์กอน และโปรเปนที่ความดันต่าง ๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มิลลิคูรี ทำการทดลองโดยใช้อากาศที่ความดันปกติ ต่อขั้วอิเลกโทรดทั้งสองของหัววัดเข้ากับความต่างศักย์สำหรับการใช้งานที่ได้จากการทดลองตามหัวข้อที่ 4.2 คือ ประมาณ 350 โวลต์ และบันทึกค่ากระแสไฟฟ้าที่ตรวจวัดได้จากอิเลกทรอมิเตอร์ จากการวางแหล่งกำเนิดรังสีเรเดียมห่างจากหัววัดเป็นระยะทาง 20, 30, 40, .. 100 ซม. ตามลำดับ อัตราปริมาณรังสีที่ตกกระทบ (exposure rate), $\frac{dx}{dt}$, คำนวณได้จากสมการที่ 2.2 โดยใช้ค่าคงที่ของอากาศ (C) เท่ากับ 8.84 (Price, 1964)

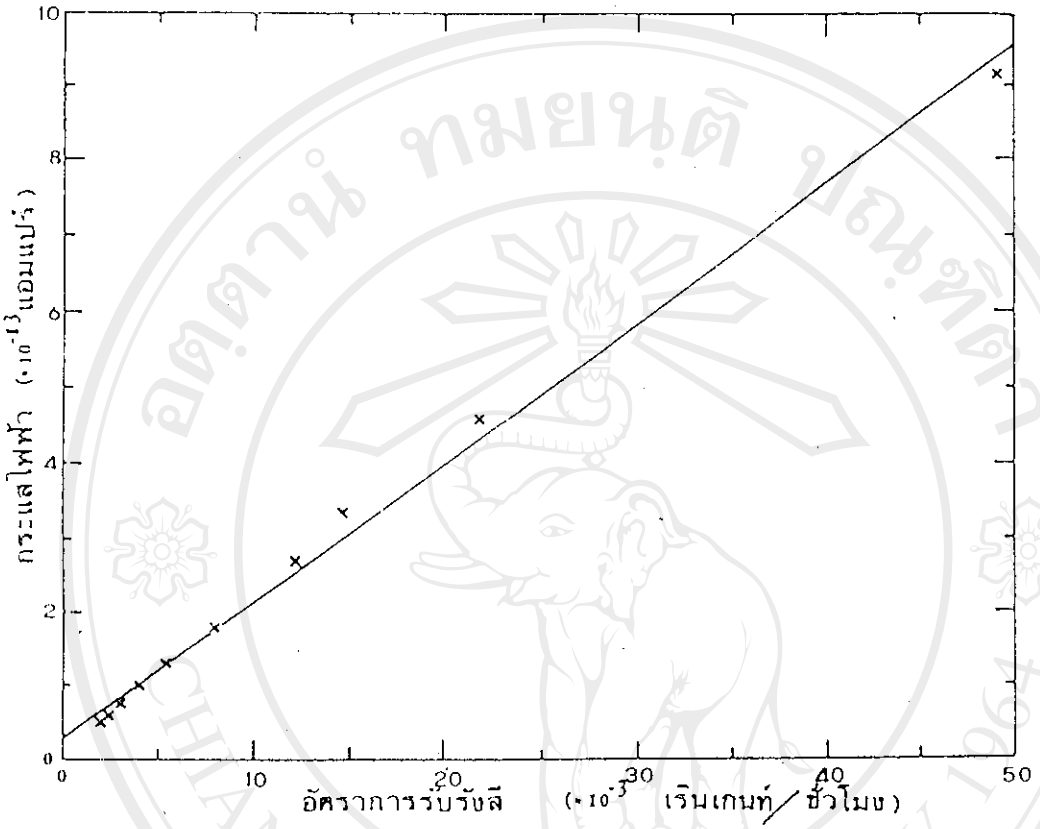
ผลการทดลอง ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.2 ซึ่งแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสที่วัดได้กับอัตราปริมาณรังสีที่ตกกระทบ ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการคำนวณปริมาตรยังผล, v, หาได้จากสมการที่ 2.1

4.4 การทดลองหัววัดในสนามรังสีแกมมามาตรฐาน

แหล่งกำเนิดรังสีที่ใช้คือ Cs-137 มีความแรงประมาณ 8 มิลลิคูรี ให้รังสีแกมมาพลังงาน 0.662 MeV ทำการทดลองโดยบรรจุกาซอาร์กอน, โปรเปน, ไนโตรเจน และอ เซทิลีน ที่ความดันที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานจากหัวข้อ 4.2 คือประมาณ 100.4 ซม. ของปรอทลงในหัววัด ต่อขั้วอิเลกโทรดทั้งสองของหัววัดเข้ากับความต่างศักย์ 350 โวลต์ บันทึกค่ากระแสไฟฟ้าของกาซแต่ละชนิดที่ตรวจวัดได้จากอิเลกทรอมิเตอร์ โดยวางแหล่งกำเนิดรังสีห่างจากหัววัดเป็นระยะทาง 5, 10, 15, ..., 100 ซม. ตามลำดับ

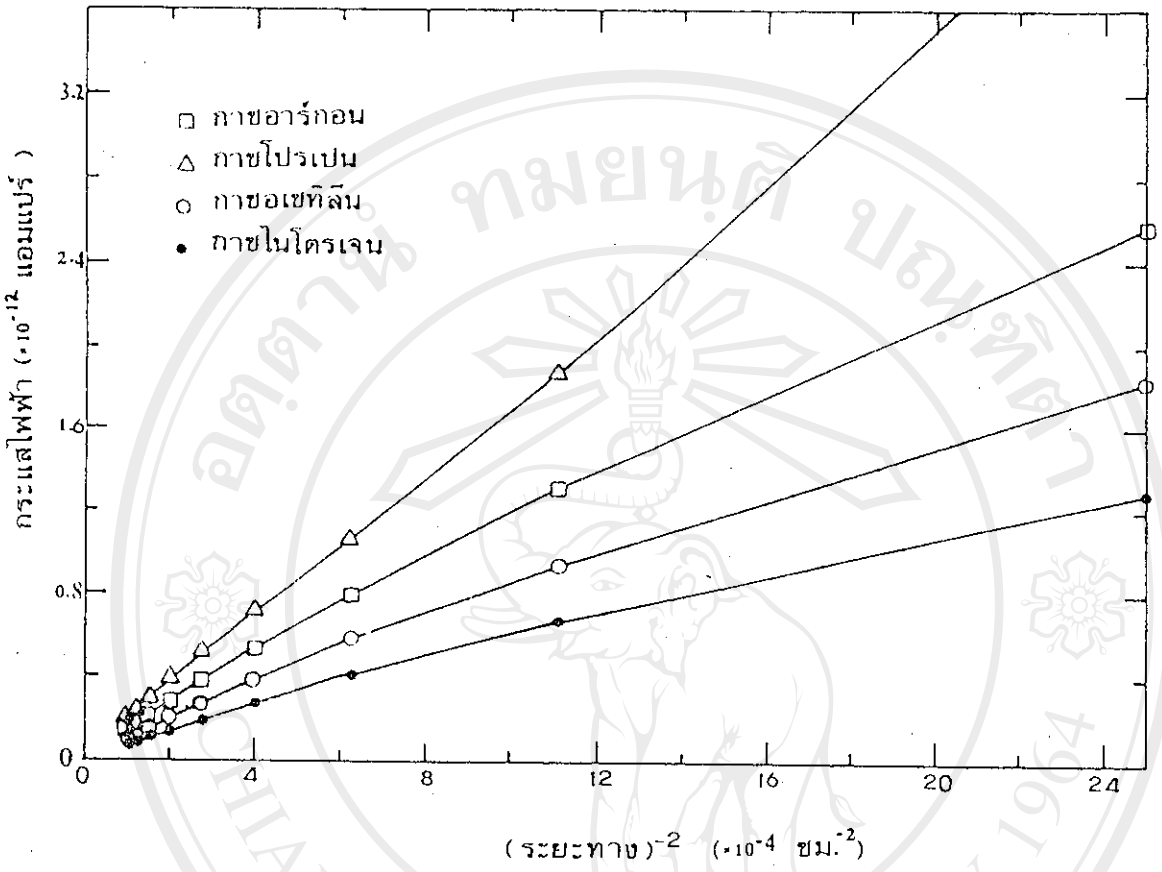
ผลการทดลองได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.3 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับส่วนกลับของระยะทางกำลังสอง จากกราฟแสดงถึงการตอบสนองของหัววัดต่อความเข้มของกัมมันตรังสี และสามารถพิจารณาถึงการตอบสนองของกาซแต่ละชนิดต่อรังสีแกมมาพลังงาน 0.662 MeV อีกด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสที่วัดได้กับอัตราปริมาณรังสีที่ตกกระทบ เมื่อใช้เรเดียมเป็นแหล่งกำเนิดรังสี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับส่วนกลับระยะทาง กำลังสองเมื่อใช้ $Cs-137$ เป็นแหล่งกำเนิดรังสี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.5 การทดลองหัววัดในสนามรังสีผสมนิวตรอน-แกมมา

สนามรังสีผสมที่ใช้เป็นสนามรังสีผสมนิวตรอน-แกมมาที่เกิดจากต้นกำเนิดรังสี Am-Be ความแรง 1 คูรี จะปลดปล่อยรังสีนิวตรอนพลังงาน 0.5-11.5 MeV จำนวน 2.2×10^6 นิวตรอน/วินาที (Amersham, 1977)และรังสีแกมมาที่ปลดปล่อยออกมาเมื่อผ่านเหล็กกล้าหนา 2.4 มม. มี 2 ระดับพลังงานคือ 0.06 MeV จำนวน 4.4×10^9 แกมมา/วินาที และ 4.43 MeV จำนวน 1.6×10^6 แกมมา/วินาที (Venkataraman, 1970) ดังหัวข้อที่ 2.2 เนื่องจากรังสีแกมมาที่ปลดปล่อยออกมามีทั้งระดับพลังงานต่ำ (0.06 MeV) และระดับพลังงานสูง (4.43 MeV) ดังนั้นในการทดลองจึงได้แยกออกเป็น 2 กรณี ดังนี้คือ

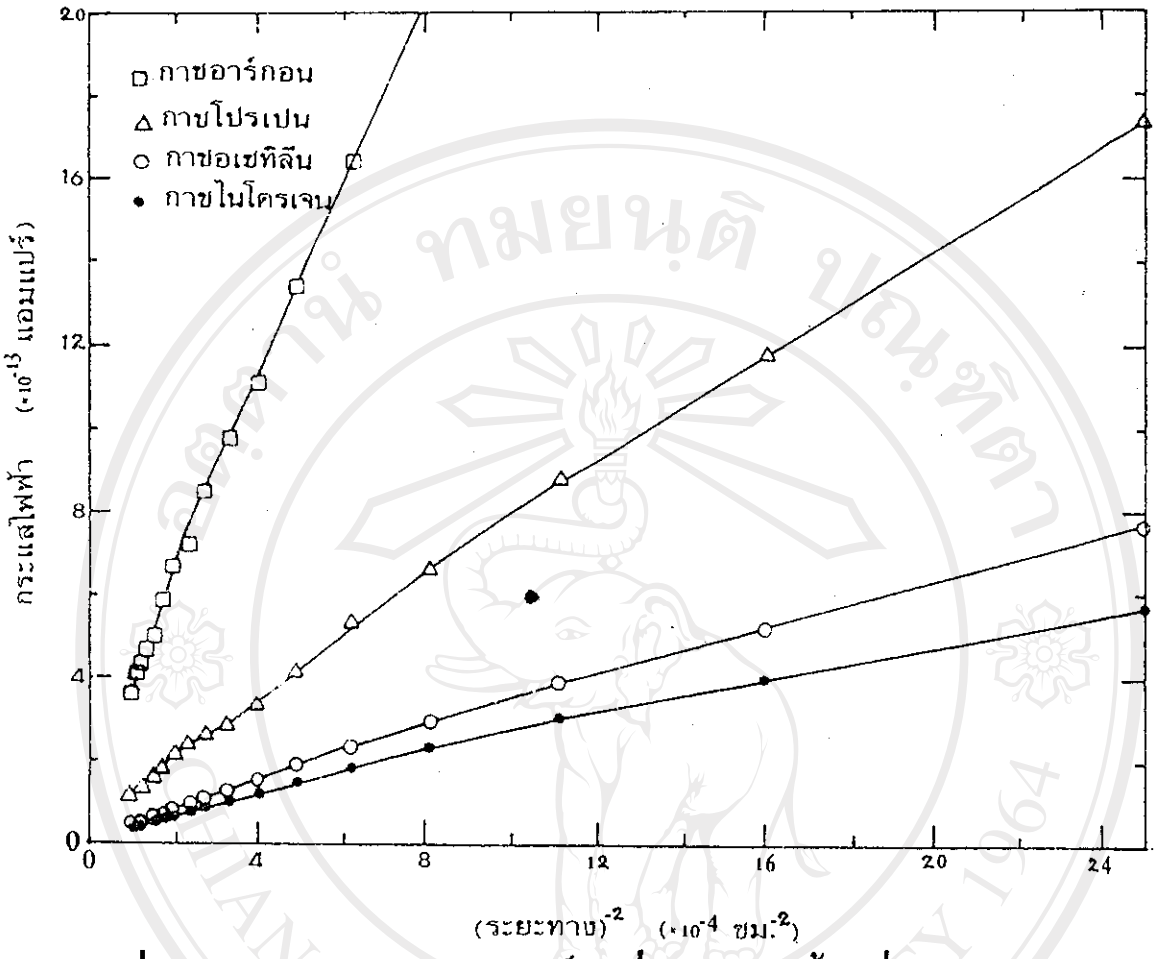
(i) เมื่อใช้แหล่งกำเนิดรังสี Am-Be โดยตรง

ในการทดลองได้ใช้แหล่งกำเนิดรังสี Am-Be เพื่อตรวจสอบการตอบสนองของกาซอาร์กอน, กาซโปรเปน, กาซไนโตรเจน และกาซอเซทิลีนที่มีต่อรังสีนิวตรอนพลังงาน 0.5-11.5 MeV และรังสีแกมมา 2 ระดับพลังงานคือ 0.06 MeV และ 4.43 MeV ทำการทดลองโดยบรรจุกาซอาร์กอน, กาซโปรเปน, กาซไนโตรเจน และกาซอเซทิลีน ที่ความดัน 100.4 ซม. ของปรอทลงภายในหัววัดต่อขั้วอิเลกโทรดทั้งสองเข้ากับความต่างศักย์ 350 โวลต์ แหล่งกำเนิดรังสีวางห่างจากหัววัดเป็นระยะทาง 5, 10, 15.....100 ซม. ตามลำดับ ค่ากระแสไฟฟ้าเนื่องจากการแตกตัวของกาซแต่ละชนิดจากอิเลกทรอมิเตอร์ นำมาพล็อตกราฟ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับส่วนกลับของระยะทางกำลังสอง ดังแสดงในรูปที่ 4.4

(ii) เมื่อใช้แหล่งกำเนิดรังสี Am-Be หุ้มด้วยตะกั่วหนา 1.7 มม.

ในการนำตะกั่วมาหุ้มแหล่งกำเนิดรังสี Am-Be นั้นเพื่อที่จะกำจัดรังสีแกมมาพลังงานต่ำ (0.06 MeV)ดังนั้นแสดงความหนาของตะกั่วที่ใช้ ถ้าใช้หนามาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

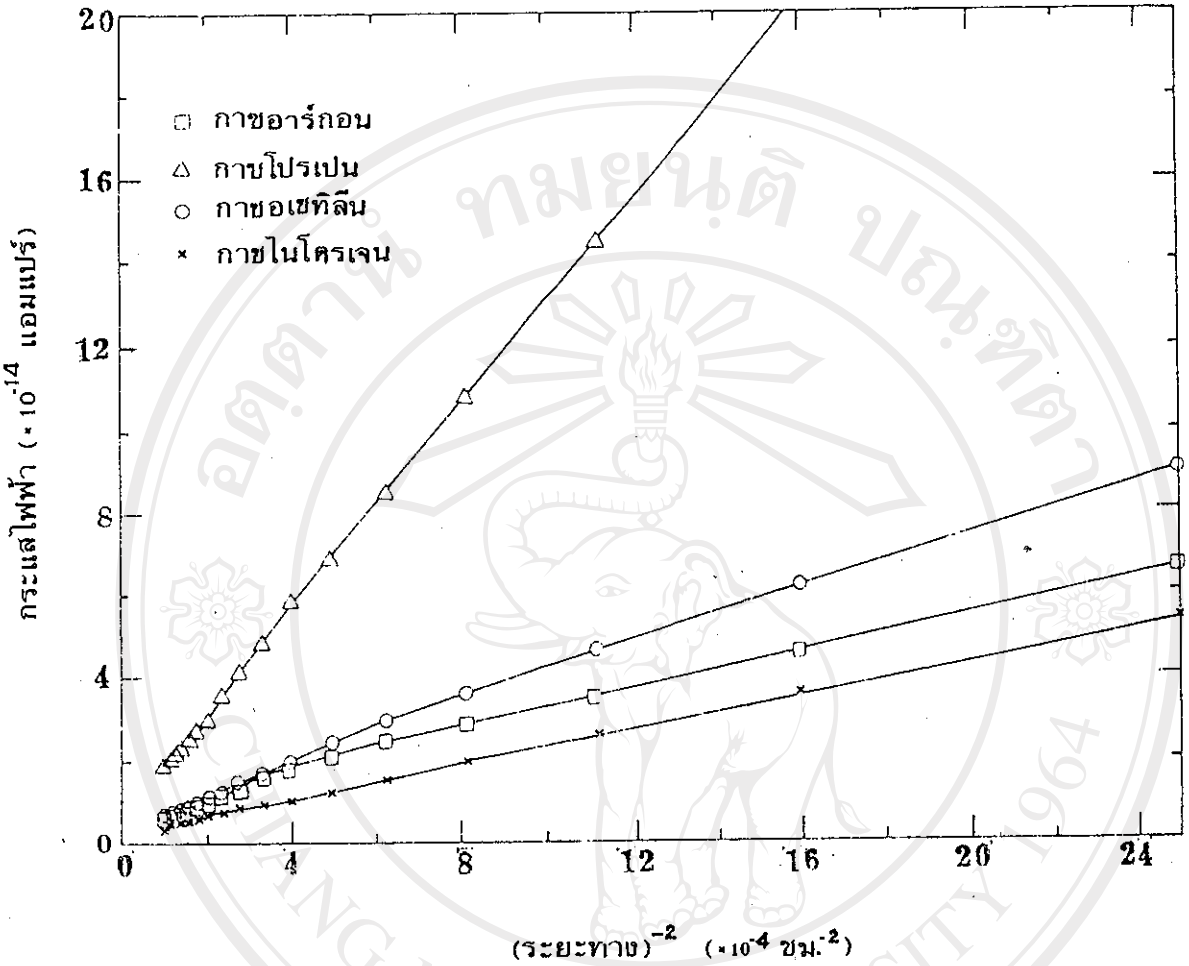


รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับส่วนกลับของระยะทาง กำลังสองเมื่อใช้ **Am-Be** เป็นแหล่งกำเนิดรังสี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เกินได้จะทำให้รังสีแกมมาพลังงานสูง (4.43 MeV) ถูกดูดกลืนไปมากและขณะเดียวกันเมื่อรังสีนิวตรอนพลังงานสูงตกกระทบตะกั่วจะทำให้เกิดรังสีแกมมาพลังงานต่ำขึ้นมาอีก ในทางกลับกันถ้าใช้ตะกั่วบางเกินไปก็จะทำให้ไม่สามารถกำจัดรังสีแกมมาพลังงานต่ำได้หมด ดังนั้นในการทดลองนี้จึงได้คำนวณความหนาของตะกั่วที่เหมาะสมในการใช้งาน จากสมการของ exponential law ซึ่งผลการคำนวณปรากฏว่าเมื่อใช้ตะกั่วหนา 1.7 มม. หุ้มแหล่งกำเนิดรังสี Am-Be จะทำให้รังสีแกมมาพลังงานต่ำ ถูกดูดกลืนถึง 99.99 % ในขณะที่รังสีแกมมาพลังงานสูงถูกดูดกลืนเพียง 7.8 % ดังนั้น ในการทดลองจึงใช้แหล่งกำเนิดรังสี Am-Be หุ้มด้วยตะกั่วหนา 1.7 มม. เพื่อตรวจสอบการตอบสนองของกาซอาร์กอน, กาซโปรเปน, กาซไนโตรเจน, และกาซอ เซทิลีนที่มีต่อรังสีนิวตรอนพลังงาน 0.5-11.5 MeV และรังสีแกมมาพลังงาน 4.43 MeV และนำไปคำนวณวัดองค์ประกอบโดสในสนามผสมนิวตรอน-แกมมาโดยใช้กาซคู่อาร์กอน-โปรเปน และกาซคู่ไนโตรเจน-อ เซทิลีนอีกด้วย ทำการทดลองโดยบรรจุกาซอาร์กอน, กาซโปรเปน, กาซไนโตรเจนและกาซอ เซทิลีนที่ความดัน 100.4 ซม. ของปรอทลงภายในหัววัด และต่อขั้วอิเลกโทรดทั้งสองเข้ากับความต่างศักย์ 350 โวลต์ แหล่งกำเนิดรังสีวางห่างจากหัววัดเป็นระยะทาง 5, 10, 15, ... 100 ซม. ตามลำดับ ค่ากระแสไฟฟ้าเนื่องจากการแตกตัวของกาซแต่ละชนิดจากอิเลกทรอมิเตอร์ นำมาพล็อตกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับส่วนกลับของระยะทางกำลังสอง ดังแสดงในรูปที่ 4.5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับส่วนกลับของระยะทาง กำลังสองเมื่อใช้ **Am-Be** หุ้มด้วยตะกั่วหนา 1.7 มม. เป็นแหล่งกำเนิดรังสี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved