หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา

ความต้องการของนักวิทยาศาสตร์ที่จะทราบปรากฏการณ์ต่าง ๆ ตามธรรมชาติที่เกิดขึ้น มีการค้นคว้า ทดลอง วิจัยสิ่งต่าง ๆ มากมาย โดยเฉพาะวิศวกรนิวเคลียร์และนักฟิสิกส์ จำเป็นอย่างยิ่งที่จะหาเครื่องมือเพื่อทดลอง ค้นคว้า วิจัย สิ่งที่ยังไม่รู้หรือยังไม่เคยพิสูจน์ว่าเป็นความจริง เครื่องมือต่าง ๆ เหล่านั้นบางครั้งก็ซื้อมาจากต่างประเทศด้วยราคาแพง ถึงแม้ว่าบางอย่างราคาถูกพอจะหาซื้อได้ ก็เกิดผลเสียในเรื่องดุลการค้าระหว่างประเทศ นอกจากนั้นประเทศด้อยพัฒนา มักจะประสบปัญหาการหางบประมาณจัดซื้ออุปกรณ์นิวเคลียร์จากต่างประเทศ เพราะเครื่องมือแต่ละอย่างราคาแพง วิศวกรนิวคลียร์ในประเทศไทยได้พยายามค้นคว้าพัฒนาสร้างเครื่องมือนิวเคลียร์ขึ้นมาใช้เอง เพื่อจะได้เครื่องมือทดลองวิจัยราคาถูกได้ผลดีและเป็นการประหยัด ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยีได้เล็งเห็นความสำคัญของปัญหานี้ จึงส่งเสริมให้บัณฑิตรู้จักคิดค้นพัฒนาเครื่องมือนิวเคลียร์ขึ้นเพื่อให้ใช้ประโยชน์ได้

เครื่องมือวัดค่าสตอปปิงครอสเซ็คชั่นของแกสต่าง ๆ เป็นเครื่องมืออีกชนิดหนึ่งที่ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยีพยายามพัฒนาขึ้นให้ใช้ประโยชน์ได้กับแกสต่าง ๆ อย่างแท้จริง ตั้งแต่แกสที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำสุดเช่น แกสไฮโดรเจนจนถึงแกสที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ๆ เครื่องมือวัดค่าสตอปปิงครอสเซ็คชั่นของแกสต่าง ๆ ที่มีอยู่เดิมนั้นไม่สามารถจะใช้วัดแกสเบาได้เช่น แกสไฮโดรเจน แกสฮีเลี่ยม ทั้งนี้เพราะว่าพิสัยของอนุภาคอัลฟาในแกสเหล่านี้ยาวมาก แต่ระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับหัววัดรังสีในห้องเก็บแกสสั้นประมาณไม่เกิน 5 ซม. จึงจำเป็นต้องสร้างเครื่องมือวัดค่าสตอปปิงครอสเซ็คชั่นขึ้นใหม่ เพื่อใช้วัดค่าสตอปปิงครอสเซ็คชั่นของแกสต่าง ๆ ได้ทุกแกส จากการคำนวณหาพิสัยของแกสไฮโดรเจนซึ่งเป็นแกสที่เบาที่สุดพิสัยประมาณ 15 ซม. ดังนั้นระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับหัววัดรังสีของเครื่องมือวัดค่าสตอปปิงครอสเซ็คชั่นของแกสต่าง ๆ ที่สร้างขึ้นใหม่นี้ควรมีระยะห่างไม่น้อยกว่า 15 ซม.

เนื่องจากว่าอนุภาคอัลฟามีค่าความสามารถในการไอออนไนซ์จำเพาะ (Specific ionization) สูง เพราะอนุภาคอัลฟามีมวลมาก ดังนั้น เมื่ออนุภาคอัลฟา เคลื่อนที่ผ่านตัวกลางใดจะสามารถถ่าย เทพลังงานให้กับตัวกลางนั้นได้มาก การพิจารณาถึงการสูญเสียพลังงานของอนุภาคอัลฟาในตัวกลางต่าง ๆ มีอยู่ 2 แบบ

1. การสูญเสียพลังงานของอนุภาคอัลฟาในตัวกลางใดต่อหนึ่งหน่วยระยะทาง เรียกว่า สตอปปิง เพา เวอร์ (Stopping Power)

2. การสูญเสียพลังงานของอนุภาคอัลฟาในตัวกลางใดต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ต่อหนึ่งโม เลกุล เรียกว่า สตอปปิงครอส เซ็คชั่น (Stopping cross section)

จะเห็นได้ว่าสตอปปิง เพา เวอร์หรือค่าสตอปปิงครอส เซ็คชั่นจะ เป็นค่าหนึ่งที่จะบอกให้รู้ว่าตัวกลางใดที่จะทำให้การสูญเสียพลังงานของอนุภาคอัลฟาได้ดีที่สุด ซึ่งจากสา เหตุนี้จะสามารถนำไปใช้พัฒนา เครื่องวัดอนุภาคอัลฟาแบบบรรจุแกสและศึกษาถึงคุณสมบัติของอนุภาคอัลฟาที่ผสมอยู่ในแกสต่าง ๆ

การวัดค่าสตอปปิงครอส เซ็คชั่นของแกสต่าง ๆ นี้ มีมากกว่า 30 ปีแล้ว มีผู้วัดค่าสตอปปิงครอส เซ็คชั่นดังนี้

ในปี ค.ศ. 1953 มีรายงานการทดลองของ H.K. RENOLDS, D.N.F. DUNBAR, W.A. WENZEL และ W. WHALING ทดลองวัดค่าสตอปปิงครอส เซ็คชั่นของแกสไฮโดร เจน (Hydrogen; H_2), ฮี เลี่ยม (Helium; He), ออกซิ เจน (Oxygen; O_2), อากาศ (Air), ไนโตร เจน (Nitrogen; N_2), นีออน (Neon; Ne), อาร์กอน (Argon; Ar), คริปตรอน (Krypton; Kr), ซีนอน (Xenon; Xe), น้ำ (Water; H_2O), แอมโม เนีย (Ammonia; NH_3), ไนตรัสออกไซด์ (Nitrous Oxide; N_2O), ไนตริกออกไซด์ (Nitric Oxide; NO) มี เธน (Methane; CH_4), อะ เซติลีน (Acetylene ; C_2H_2), อีธีลีน (Ethylene; C_2H_4), เบนซีน (Benzene, C_6H_6) สำหรับโปรตอนช่วงพลังงาน 0.03-0.6 MeV. ใช้ เครื่องอี เลคโตรสแตติคอนาไล เซอร์ (Electrostatic analyzer) เป็น เครื่องผลิตโปรตอนพลังงาน เดียวให้โปรตอนกระทบ เป้าด้วยทองแดง ให้รังสีที่กระจายออกจาก เป้าพุ่งตรง เข้าไปในห้อง เก็บแกส พลังงานที่สูญ เสียให้กับโม เลกุลของแกสในห้อง เก็บแกสจะผ่านออกมาอีกทางหนึ่งซึ่งอยู่ตรงข้ามและวัดพลังงานนี้ด้วยแมก เนติคสเปคโตร เมทรี (Magnetic spectrometry) ความดันของแกสในห้อง เก็บแกสวัดด้วยมา โนมี เตอร์ (Manometer)

ในปี ค.ศ. 1963 มีรายงานการทดลองของ JOHN T. PARK และ E.J. ZIMMERMAN ทดลองวัดค่าสตอปปิงครอสเซ็คชั่นของแกสฮีเลี่ยม, มีเธน, อะเซติลีน, อีธีลีน โปรเปน (Propane, C_3H_8) โปรปีน (Propene, C_3H_6) สำหรับโปรตอนช่วงพลังงาน 0.04-0.25 MeV. ค่าสตอปปิงครอสเซ็คชั่นของ อีธีลีน โปรปีน ใช้ฮีเลี่ยมอิออน (Helium ion) แทนโปรตอน การทดลองครั้งนี้พลังงานของโปรตอนและฮีเลี่ยมอิออนได้จากเครื่องเร่งอนุภาคที่แปรเปลี่ยนพลังงานได้ อนุภาคโปรตอนหรือฮีเลี่ยมอิออนจะสูญเสียพลังงานให้กับแกสในห้องเก็บแกสและจะผ่านเข้าไปยังโฟโตมัลติไพเออร์ ดีเทคเตอร์ (Photomultiplier detector)

ในปี ค.ศ. 1966 มีรายงานการทดลองของ G.D. KERR, L.M. HAIR, N. UNDERWOOD และ A.W. WALTNER ทดลองวัดค่าสตอปปิงครอสเซ็คชั่นของแกสอากาศ ไนโตรเจน, อาร์กอน, คริปตรอน, คาร์บอนไดออกไซด์และมีเธน สำหรับอนุภาคอัลฟาช่วงพลังงาน 0.3-5 MeV. การทดลองครั้งนี้ใช้อเมอริเซียม-241 (Am-241) เป็นต้นกำเนิดรังสีอัลฟา เมื่ออนุภาคอัลฟาสูญเสียพลังงานให้กับแกสในห้องเก็บแกสแล้วจะเคลื่อนที่เข้าไปในหัววัดรังสีแบบซิลิกอน (Silicon detector) และวิเคราะห์พลังงานที่เหลือด้วยเครื่องวิเคราะห์พลังงานแบบหลายช่อง ระยะห่างระหว่างหัววัดรังสีกับต้นกำเนิดรังสีมีระยะคงที่

ในปี ค.ศ. 1971 มีรายงานการทดลองของ P.D. BOURLAND, W.K. CHU และ D. POWER ทดลองวัดค่าสตอปปิงครอสเซ็คชั่นของแกสไฮโดรเจน, ไนโตรเจน, ออกซิเจน แอมโมเนีย, ไนตรัสออกไซด์, คาร์บอนไดออกไซด์ (Carbondioxide; CO_2) คาร์บอนมอนนอกไซด์ (Carbonmonoxide; CO), มีเธน, อะเซติลีน, อีธีลีน, อีเธน (Ethane; C_2H_6) โปรปีน สำหรับอนุภาคอัลฟาช่วงพลังงาน 0.3-2 MeV. การทดลองครั้งนี้ใช้เบเลอร์ 2 MeV. เครื่องเร่งอนุภาคแบบวานเดอกราฟ (Baylor 2 MeV. Vander Graff accelerator) เป็นเครื่องกำเนิดพลังงานของอนุภาคอัลฟา ใช้ McLeod Gauge เป็นตัววัดความดัน ระยะห่างระหว่างหัววัดรังสีกับต้นกำเนิดรังสีแปรเปลี่ยนตลอดการทดลอง พลังงานของอนุภาคอัลฟาที่สูญเสียให้กับแกสในห้องเก็บแกสวัดได้จากเครื่องวิเคราะห์พลังงานแบบหลายช่อง

ในปี ค.ศ. 1973 มีรายงานการทดลองของ F. WENGER, R.P. GARDNER และ K. VERCHESE ทดลองวัดค่าสตอปปิงครอสเซ็คชั่นของแกสบิวเธน (Butane; C_4H_{10}), โปรเปน (Propane; C_3H_8), อีเธน (Ethane, C_2H_6), นีออน (Neon; Ne), ฮีเลี่ยมและไฮโดรเจน สำหรับอนุภาคอัลฟาช่วงพลังงาน 1-5 MeV. วัดค่าสตอปปิงครอสเซ็คชั่นของแกสบิวเธน, โปรเปน, ฮีเลี่ยมและอีเธน สำหรับอนุภาคอัลฟาช่วงพลังงาน 2-5 MeV. วัดค่าสตอปปิงครอสเซ็คชั่นของแกสนีออนและไฮโดรเจน การทดลองครั้งนี้เครื่องมือคล้ายกับการทดลองของ G.D. KERR และคณะ ต้นกำเนิดรังสีอัลฟาใช้ธาตุอเมอริเซียม-241 หัววัดรังสีใช้หัววัดรังสีแบบซิลิกอนและใช้วิธีการแปรเปลี่ยนระยะทางระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับหัววัดรังสีโดยใช้ไมโครมีเตอร์ช่วย พลังงานของอนุภาคอัลฟาที่สูญเสียให้กับแกสในห้องเก็บแกสวัดจากเครื่องวิเคราะห์พลังงานแบบหลายช่อง

จะเห็นได้ว่าเครื่องมือวัดค่าสตอปปิงครอสเซ็คชั่นมีการพัฒนาให้สะดวกในการใช้งานมากขึ้น การพัฒนาเครื่องมือในการวิจัยครั้งนี้ใช้แบบพัฒนาจากเครื่องมือของ G.D. KERR และคณะ ซึ่งสามารถจะใช้วัดค่าสตอปปิงครอสเซ็คชั่นของแกสแบบที่กำหนดให้ระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับหัววัดรังสีคงที่และแบบแปรเปลี่ยนระยะทางระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับหัววัดรังสีด้วย

1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขต

1. สร้างเครื่องวัดค่าสตอปปิงครอสเซ็คชั่นของแกสต่าง ๆ

2. วัดค่าสตอปปิงครอสเซ็คชั่นของแกสต่าง ๆ แบบที่กำหนดให้ระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับหัววัดรังสีคงตัวแปรเปลี่ยนความดันแกสภายในห้องเก็บแกส

3. วัดค่าสตอปปิงครอสเซ็คชั่นของแกสต่าง ๆ แบบกำหนดให้ความดันแกสภายในห้องเก็บแกสคงที่ แปรเปลี่ยนระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับหัววัดรังสี

การวัดค่าสตอปปิงครอสเซ็คชั่นของแกสต่าง ๆ แบบกำหนดให้ระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับหัววัดรังสีคงตัว แปรเปลี่ยนความดันแกสภายในห้องเก็บแกส มีวิธีทำดังนี้

1. ปรับระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับหัววัดรังสีให้เท่ากับพิสัยเฉลี่ยของอนุภาคอัลฟาในแกสต่าง ๆ ที่จะทดลอง

2. สูบอากาศออกจากห้องเก็บแกสจนความดันในห้องเก็บแกสต่ำสุด ประมาณ 30 m.m.Hg.

3. วัดพลังงานของอนุภาคอัลฟาและปรับเทียบให้ตำแหน่งพีคของอนุภาคอัลฟาตรงกับช่องที่ 547 ของเครื่องวิเคราะห์พลังงาน

4. ปล่อยแกสเข้าไปในห้องเก็บแกสโดยแปรเปลี่ยนความดันต่าง ๆ กัน

5. แต่ละความดันที่เปลี่ยนแปลง ให้วัดพลังงานของอนุภาคอัลฟาและบันทึกตำแหน่งของพีคของอนุภาคอัลฟาและความดันของแกส

6. อ่านค่าพลังงานที่เหลือของอนุภาคอัลฟา จากตำแหน่งของพีคของอนุภาคอัลฟาที่ได้จากข้อ 5

7. บันทึกข้อมูลระหว่างพลังงานที่เหลือของอนุภาคอัลฟากับความดันแกสแล้วนำไปเขียนกราฟบนกระดาษ ล๊อก-ล๊อกสเกล (log-log scale)

8. นำข้อมูลที่ได้วิเคราะห์หาสมการถดถอยโดยวิธีกำลังสองน้อยสุด (Least squares Method)

การวัดค่าสตอปปิงครอสเซ็คชั่นของแกสต่าง ๆ แบบที่กำหนดให้ความดันภายในห้องเก็บแกสคงที่ แปรเปลี่ยนระยะทางระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับหัววัดรังสี

1. ตั้งระยะทางระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับหัววัดรังสีเท่ากับ 2 mm.

2. สูบอากาศออกจนกระทั่งความดันภายในห้องเก็บแกสต่ำสุดประมาณ 30 mm.Hg.

3. วัดพลังงานของอนุภาคอัลฟาและปรับเทียบให้ตำแหน่งพีคของอนุภาคอัลฟาตรงช่องที่ 547 ของเครื่องวิเคราะห์พลังงาน

4. ปล่อยแกสเข้าไปในห้องเก็บแกสโดยให้ความดันภายในห้องเก็บแกส 760 mm.Hg.

5. วัดพลังงานของอนุภาคอัลฟาที่สูญเสียให้กับแกส โดยบันทึกตำแหน่งพีคของอนุภาคอัลฟากับระยะทางระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับหัววัดรังสี

6. แปรเปลี่ยนระยะทางระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับหัววัดรังสีแล้วทำตามข้อ 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 และ 3.5 ตามลำดับ

7. เปลี่ยนตำแหน่งพีคของอนุภาคอัลฟาให้เป็นพลังงานที่เหลือของอนุภาคอัลฟา

8. บันทึกข้อมูลระหว่างพลังงานที่เหลือของอนุภาคอัลฟากับระยะทางระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับหัววัดรังสีแล้วเขียนกราฟบนกระดาษ ล๊อก-ล๊อกสเกล

9. วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาสมการถดถอยโดยวิธีกำลังสองน้อยสุด

1.3 <u>ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ</u>

1. สร้างเครื่องมือวัดค่าสตอปปิงครอสเซ็คชั่น ทำให้ไม่ต้องไปซื้อเครื่องมือจากต่างประเทศทำให้ประหยัดเศรษฐกิจ

2. ได้ค่าสตอปปิงครอสเซ็คชั่นของอนุภาคอัลฟาในแกสต่าง ๆ

3. ศึกษาการสูญเสียพลังงานของอนุภาคอัลฟาในแกสต่าง ๆ

4. ใช้วัดพลังงานของอนุภาคอัลฟาที่ออกจากต้นกำเนิดรังสี