บทที่ 1

บทนำ

1.1 ประวัติการพัฒนาวิชาสเปกตรัมมวล

ในปี ค.ศ. 1886 อี. โกลด์สไตน์ (E.Goldstein) พบว่าประจุบวกทางไฟฟ้าเกิดขึ้นภายในหลอดดิสชาร์จ (discharge tube) ที่มีความดันต่ำ ต่อมา เวียน (Wien) ได้แสดงให้เห็นว่ารังสีที่โกลด์สไตน์พบเบี่ยงเบนเมื่อผ่านเข้าในสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าและยังแสดงเป็นการสนับสนุนอีกว่า รังสีนี้ประกอบด้วยอนุภาคที่มีประจุบวกทางไฟฟ้า เวียนพยายามหาว่าอนุภาคที่มีประจุบวกทางไฟฟ้าเป็นอะไรบ้าง แต่ทำได้ไม่ดีพอเพราะต้องประสบปัญหาเกี่ยวกับสูญญากาศ[1]

ในปี ค.ศ. 1913 เจ.เจ.ทอมสัน (J.J.Thomson) ใช้เครื่องมือที่เรียกว่าพาราโบลาแมสสเปกโตรมิเตอร์ (Parabola mass spectrometer) ศึกษาโมเลกุลของไฮโดรคาร์บอนและโมเลกุลที่ประกอบด้วยหลาย ๆ อะตอม (Polyatomic molecules) เช่น $COCl_2$ ซึ่งบรรจุอยู่ภายในหลอดดิสชาร์จ เพื่อทำให้โมเลกุลแยกออกเป็นไอออนบวก (positive ions) ชนิดต่าง ๆ โดยอาศัยคุณสมบัติของไอออนที่มีประจุบวก เมื่อผ่านลำไอออน (ion beam) เข้าไปในสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า ทำให้สามารถแยกไอออนบวกและบันทึกรูปพาราโบลาของไอออนต่าง ๆ บนแผ่นฟิล์มถ่ายรูป (photographic plate) ได้ จากการศึกษาของทอมสันพบว่า ผลที่ได้สอดคล้องกับไอออนของ C^+, O^+, CO_2^+, Cl^+ และ $COCl_2^+$ แต่เนื่องจากแผ่นฟิล์มถ่ายรูปที่ทอมสันใช้วัดไม่สามารถวัดจำนวนไอออนเทียบกันได้ ดังนั้นทอมสันจึงเปลี่ยนวิธีการบันทึก โดยใช้อีเลกโตรมิเตอร์วัดแทนแผ่นฟิล์มถ่ายรูป ทอมสันสามารถวัดกระแสไอออนที่สอดคล้องกับไอออนชนิดต่าง ๆ ที่ผ่านออกจากช่องแคบ (slit) รูปพาราโบลาอันเดียวเมื่อสนามแม่เหล็กแปรเปลี่ยนไป และสามารถสร้างสเปกตรัมมวล (mass spectrum) จากการเขียนกราฟระหว่างสนามแม่เหล็กไฟฟ้ากับกระแสไอออน ปรากฏว่ายอด (peak) ที่เกิดจากการ

เขียนกราฟดังกล่าวสอดคล้องกับไอออนชนิดต่าง ๆ หลังจากนำไปคำนวณหาค่ามวล ดังนั้นเครื่องมือชนิดนี้จึงเรียกว่า แมสสเปกโตรมิเตอร์ (mass spectrometer) เป็นครั้งแรก

ในปี ค.ศ. 1919 แอสตัน (Aston) ใช้แมสสเปกโตรกราฟแยกกาซนีออนได้สำเร็จ คือสามารถแยก Ne^{20} กับ Ne^{22} ซึ่งเป็นไอโซโทป (Isotope) ของนีออน ขณะที่แอสตันทำการทดลองอยู่ที่แคมบริดจ์ (Cambridge) นั้น ที่ชิคาโก (Chicago) เอ.เจ. เดมป์สเตอร์ (A.J.dempster) ใช้แมสสเปกโตรมิเตอร์ทำการทดลองแยกไอออน และพบไอโซโทปของแมกนีเซียม หลังจากนั้นแอสตันและเดมป์สเตอร์ได้ปรับปรุงเครื่องมือให้มีกำลังการแยก (resolving power) ดีขึ้น และปรับปรุงความดันให้ลดต่ำลง จึงทำให้สามารถแยกไอโซโทปของธาตุต่าง ๆ ได้มากมาย

ในปัจจุบันนี้แมสสเปกโตรกราฟและแมสสเปกโตรมิเตอร์ได้กลายเป็นเครื่องแยกสเปกตรัมมวลที่มีความสำคัญต่อหลายสาขาวิชาการ และในโรงงานอุตสาหกรรมบางอย่าง เครื่องมือได้รับการปรับปรุงให้ดีขึ้นจากเดิมมาก ทั้งในด้านการแยกและการลดความดันของอากาศที่อยู่ภายในเครื่องมือ

1.2 แมสสเปกโตรกราฟและแมสสเปกโตรมิเตอร์

เนื่องจากเครื่องมือทั้งสองชนิดเป็นเครื่องมือที่เกือบจะเหมือนกันทุกประการ ในบางครั้งจึงมีการเรียกชื่อที่สับสน ที่จริงแล้วความแตกต่างของเครื่องมือทั้งสองอยู่ที่ตัวตรวจวัด (detector) หรือส่วนบันทึกข้อมูลเท่านั้น กล่าวคือ

แมสสเปกโตรกราฟเป็นเครื่องมือที่โฟกัสลำไอออนและบันทึกลงบนแผ่นฟิล์มถ่ายรูป เครื่องมือนี้จะใช้เมื่อต้องการทราบมวลที่แน่นอนของอะตอมหรือโมเลกุล

แมสสเปกโตรมิเตอร์ เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับแยกลำไอออนและวัดออกมาในรูปของกระแสไอออน ในปัจจุบันใช้กับงานความอุดมของไอโซโทป (isotope abundance)[2]

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อทำการสร้างเครื่องแยกสเปกตรัมมวลและทำการทดลองหาค่ามวลของกาซ

1.4 วิธีดำเนินการวิจัยโดยย่อ

1.4.1 สร้างเครื่องแยกสเปกตรัมมวล (Mass spectrometer) เพื่อหามวลของโมเลกุลของกาซโดยใช้แม่เหล็กไฟฟ้าที่มีขั้วขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร

1.4.2 ตรวจดูความสามารถของเครื่องแยกสเปกตรัมมวล สำหรับใช้กับกาซชนิดต่าง ๆ

1.5 ทฤษฎีที่ใช้ในการวิจัยโดยย่อ

ไอออนบวกสร้างขึ้นโดยให้อีเลกตรอนที่มีพลังงาน เข้าชนกับกาซจำนวนน้อยภายใต้ความดันต่ำ ถ้าไอออนบวกมีประจุ q และมีมวลเป็น M ที่สร้างขึ้นโดยวิธีนี้มีพลังงานเกือบเท่ากันหมด หลังจากนั้นเร่งโดยให้ไอออนผ่านความต่างศักย์ V ทำให้ได้รับพลังงานเป็น

$$qV = \frac{1}{2} Mv^2 \qquad (1.1)$$

v เป็นขนาดความเร็วของไอออนบวกหลังจากถูกเร่ง

จากนั้นให้ไอออนบวกเลี้ยวเบนโดยผ่านเข้าในสนามแม่เหล็กที่มีทิศตั้งฉากกับการเคลื่อนที่และมีขนาดคงที่ H ไอออนบวกเบี่ยงเบนจนกระทั่งแนวการเคลื่อนที่ของไอออนบวกเปลี่ยนไปเป็นมุม 90 องศา และผ่านช่องแคบไปตกลงบนตัวตรวจวัด

ในระหว่างที่ไอออนบวกผ่านเข้าในสนามแม่เหล็ก จะถูกแรงกระทำดังสมการ

$$\frac{qvH}{c} = \frac{Mv^2}{R} \qquad (1.2)$$

R เป็นรัศมีความโค้งของแนวการเคลื่อนที่ของไอออนบวก

C ปรากฏขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนหน่วย

อาศัยสมการ (1.1) และ (1.2) มวลของไอออนบวกสามารถคำนวณหาได้จากความสัมพันธ์

$$\frac{M}{q} = \frac{H^2R^2}{2Vc^2} \qquad (1.3)$$

$$M = 4.83 \times 10^{-5}\frac{H^2R^2}{V} \qquad (1.4)$$

$$q = 4.803 \times 10^{-10} \quad \text{อีเอสยู (esu)}$$

H มีหน่วยเป็นเกาส์ (gauss)

R มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

V มีหน่วยเป็นโวลต์

M มีหน่วยเป็น a.m.u.

ไอออนบวกที่มีมวลไม่เท่ากันจะตกลงบนตัวตรวจวัดที่เดียวกันได้ ถ้าแปรเปลี่ยนความต่างศักย์ที่ใช้เร่งให้เหมาะสม โดยที่รัศมีและสนามแม่เหล็กมีค่าคงที่ ดังนั้นจะทำให้ทราบมวลของกาซต่าง ๆ ได้[1]

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1.6.1 ทำให้มีเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์กาซไว้ใช้ในห้องปฏิบัติการฟิสิกส์

1.6.2 เป็นการฝึกหัดให้ผู้ทำการวิจัยรู้จักแก้ปัญหาเฉพาะหน้า

1.6.3 เป็นการหุ่นรายจ่ายของประเทศไม่ต้องซื้อเครื่องมือราคาแพงจากต่างประเทศ