บทที่ 1

บทนำ

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

1.1 เส้นไฮโดรเจนอัลฟา

เส้นไฮโดรเจนอัลฟาหมายถึงเส้นสเปกตรัมที่เกิดจากการเปลี่ยนระดับพลังงานอีเลกตรอนระหว่างระดับพลังงานที่ 2 และที่ 3 ในอะตอมไฮโดรเจน ความแตกต่างของระดับพลังงานทั้งสองจากสมการของบอร์ (Bohr) มีค่าเท่ากับ 1.890 อีเลกตรอนโวลต์ ถ้าคิดพลังงานในรูปรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าจะมีความถี่ 4.57×10^{14} เฮิทซ์ หรือความยาวคลื่น 6563 อังสตรอม เส้นสเปกตรัมที่ได้จะเป็นเส้นสว่างหรือเส้นมืดก็ขึ้นอยู่กับว่าอีเลกตรอนในอะตอมส่วนใหญ่กำลังคายหรือดูดกลืนพลังงานค่าดังกล่าว ซึ่งถูกกำหนดโดยสภาวะทางฟิสิกส์ของอะตอมและรังสีภูมิหลัง (background radiation) เช่น แกสที่ร้อนจัดภายใต้ความดันต่ำ ๆ ที่มีความสมดุลย์ทางสถิติ (statistical equilibrium) จะให้สเปกตรัมเป็นเส้นสว่างถ้ามีภูมิหลังที่เย็นกว่า และมักจะให้สเปกตรัมเป็นเส้นมืดถ้ามีภูมิหลังที่ร้อนกว่า ส่วนความเข้มของสเปกตรัมจะมากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับโอกาส (probability) ที่จะมีการเปลี่ยนระดับพลังงานเช่นนี้ ซึ่งแปรผันโดยตรงกับปริมาณของแกสที่เป็นแหล่งกำเนิดของสเปกตรัม

1.2 รูปทรงเส้นไฮโดรเจนอัลฟา

เราพบว่าระดับพลังงานแต่ละระดับของอีเลกตรอนในอะตอมไฮโดรเจนแบ่งออกเป็นระดับย่อยได้หลายระดับ เมื่อพิจารณาอะตอมโดยใช้ทฤษฎีสัมพัทธภาพและคิดสปินของอีเลกตรอนร่วมกับการเลื่อนของแลมบ์ (Lamb shift) หรือเมื่ออะตอมอยู่ในสนามไฟฟ้าสถิตที่ค่อนข้างแรง การเปลี่ยนค่าพลังงานระหว่างระดับที่ 2 และที่ 3 ของอีเลกตรอนในอะตอมไฮโดรเจนจะทำให้ได้เส้นสเปกตรัมย่อยออกมาถึง 7 เส้นหรือ 15 เส้น ตามลำดับ แต่เส้นสเปกตรัมย่อยที่เกิดขึ้นนี้อยู่ชิดกันมาก การสังเกตด้วยอุปกรณ์ที่มีกำลังแยกไม่สูงมากจะเห็นรวมเป็นเส้นเดียว

มีความกว้างและมีการกระจายความเข้มตามแนวความยาวคลื่นเรียกว่า รูปทรงเส้น (line profile) ซึ่งกรณีนี้รูปทรงเส้นที่ได้จะผิดจากรูปทรงเส้นไฮโดรเจนอัลฟาที่แท้จริงมาก ถ้าอุปกรณ์ที่ใช้สังเกตมีกำลังแยกสูง แต่อะตอมที่กำลังให้เส้นสเปกตรัมอยู่ในสภาวะทางฟิสิกส์ที่ทำให้เกิดการขยายกว้างของแต่ละเส้นย่อย (line broadening) จนเหลื่อมซ้อนกัน เราก็จะเห็นรวมเป็นรูปทรงเส้นไฮโดรเจนอัลฟาเส้นเดียวเช่นกัน ในกรณีนี้เป็นรูปทรงเส้นที่เกิดจากแกสอย่างแท้จริง ไม่ว่าสภาวะทางฟิสิกส์จะเป็นอย่างไรเราสามารถคำนวณรูปทรงและความแรงของแต่ละเส้นย่อยทางทฤษฎีได้ เมื่อเอามารวมกันก็จะได้รูปทรงเส้นไฮโดรเจนอัลฟาขึ้น ลักษณะและขนาดของรูปทรงเส้นจากแกสไฮโดรเจนแท้ ๆ จะขึ้นอยู่กับสภาวะทางฟิสิกส์ในบริเวณที่เกิดเส้น อันได้แก่ อุณหภูมิและความดัน เริ่มจากวิชาฟิสิกส์ของอะตอม สุดท้ายเราสามารถเขียนสมการของรูปทรงเส้นไฮโดรเจนอัลฟาโดยมีสภาวะทางฟิสิกส์เป็นตัวแปร ดังนั้นเราอาจคำนวณหาสภาวะทางฟิสิกส์ของแหล่งกำเนิดเส้นสเปกตรัมที่เราตรวจพบได้ โดยการทดลองแทนค่าสภาวะทางฟิสิกส์แบบต่าง ๆ ลงในสมการ เพื่อหารูปทรงเส้นไฮโดรเจนอัลฟาที่ใกล้เคียงกับรูปทรงเส้นที่สังเกตได้มากที่สุด และในทางกลับกันเราก็สามารถทำนายได้ว่า แหล่งกำเนิดเส้นไฮโดรเจนอัลฟาที่อยู่ในสภาวะทางฟิสิกส์แบบหนึ่ง ๆ นั้น ควรจะให้เส้นสเปกตรัมรูปทรงลักษณะใดออกมา สำหรับงานวิจัยนี้ ได้ทำการคำนวณโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ไอบีเอ็ม 370/138 ณ สถาบันบริการคอมพิวเตอร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในทั้ง 2 กรณีคือ

1.2.1 <u>การคำนวณหาอุณหภูมิยังผลภายในหลอดแกส</u> นำข้อมูลที่วัดได้จริง ๆ ด้วยอุปกรณ์ที่มีกำลังแยกค่อนข้างสูงจากหลอดแกสไฮโดรเจนความดันต่ำซึ่งมีสเปกตรัมเป็นเส้นสว่างมาคำนวณหารูปทรงเส้นไฮโดรเจนอัลฟา โดยนำหลักการของการแปลงฟูเรียร์ (Fourier transform) มาช่วยคำนวณหักผลจากรูปลักษณ์ของอุปกรณ์ (instrumental profile) ออกแล้วคำนวณรูปทรงเส้นไฮโดรเจนอัลฟาทางทฤษฎีด้วยการปรับอุณหภูมิจนได้รูปทรงเส้นที่มีลักษณะใกล้เคียงกับที่วัดได้จริง ๆ มากที่สุด

1.2.2 <u>การคำนวณรูปทรงเส้นไฮโดรเจนอัลฟาจากดวงอาทิตย์</u> ใช้สภาวะทางฟิสิกส์ในบรรยากาศดวงอาทิตย์จากโมเดลบีซีเอ (Bilderberg Continuum Atmosphere หรือ BCA) มาคำนวณรูปทรงเส้นไฮโดรเจนอัลฟา ในกรณีนี้ได้สเปกตรัมเป็นเส้นมืดและมีความยุ่งยากกว่ากรณีแรก เพราะต้องคำนึงถึงทฤษฎีของการเกิดเส้นและการส่งผ่านรังสีในบรรยากาศดวงอาทิตย์ซึ่งสภาวะทางฟิสิกส์เปลี่ยนตามความลึก เพื่อให้การคำนวณง่ายขึ้นในงานวิจัยจึงได้สมมติให้แต่ละปริมาตรเล็ก ๆ ในบรรยากาศดวงอาทิตย์มีความสมดุลย์ทางเทอร์โมไดนามิคหรือแอลทีอี (local thermodynamic equilibrium หรือ LTE) การแจกแจงจำนวนอะตอมในระดับพลังงานต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิอย่างเดียว รูปทรงเส้นที่คำนวณได้ไม่ตรงกับที่มีผู้สังเกตไว้ เพราะบรรยากาศดวงอาทิตย์โดยเฉพาะโฟโตสเฟียร์ตอนบนไม่ได้มีคุณสมบัติเป็นแอลทีอีอย่างแท้จริง ซึ่งจำนวนอะตอมในระดับพลังงานต่าง ๆ ในปริมาตรหนึ่ง นอกจากจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของปริมาตรนั้นแล้วยังขึ้นอยู่กับอัตราการเปลี่ยนระดับพลังงานที่ถูกเหนี่ยวนำโดยรังสีหรืออนุภาคจากภายนอกปริมาตรอีกด้วย อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพียงเพื่อจะแสดงวิธีการที่ใช้ในการคำนวณเท่านั้น ในตอนท้ายได้ลองใส่เทอมแก้จำนวนอะตอมที่ต่างจากในแอลทีอีอย่างง่าย ๆ ลงไป ปรากฏว่าผลที่ได้ใกล้เคียงกับที่สังเกตมากขึ้น งานวิจัยส่วนนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับการคำนวณที่พิจารณาเทอมแก้จำนวนอะตอมอย่างละเอียดต่อไป