หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ประวัติของเอ็นเอ็มอาร์ (NMR : Nuclear Magnetic Resonance)

เอ็นเอ็มอาร์เป็นเทคนิคซึ่งปฏิกิริยาของนิวเคลียสกับสิ่งแวดล้อมสามารถสังเกตุได้ในสนามแม่เหล็ก โดยในปี ค.ศ.1924 เพาลี (Pauli) เสนอว่านิวเคลียสมีโมเมนต้มเชิงมุม (Angular Momemtum) และโมเมนต์แม่เหล็ก (Magnetic Moment) โดยโมเมนต้มเชิงมุมมีค่าเป็นควอนต้ม(quantised) ซึ่งมีค่าเป็นจำนวนเต็ม จำนวนเต็มครึ่ง หรือศูนย์แล้วแต่กรณี โมเมนต้มเชิงมุมที่สอดคล้องกับเลขควอนต้ม I คือ $I\hbar$ โดยบางนิวเคลียสมีเลขควอนต้มเป็นศูนย์ ดังนั้นจึงไม่มีโมเมนต้มเชิงมุม ซึ่งนิวเคลียสเหล่านี้จะไม่แสดงปรากฏการณ์เอ็นเอ็มอาร์ ตัวอย่างเช่นนิวเคลียสของ C^{12} และ O^{16} เป็นต้น นิวเคลียสที่มีเลขมวลและเลขอะตอมเป็นจำนวนคู่จะมีเลขควอนต้มเป็นศูนย์ ขณะที่นิวเคลียสที่มีเลขมวลเป็นจำนวนคี่จะมีเลขควอนต้มเป็นจำนวนเต็มครึ่งและนิวเคลียสที่มีเลขอะตอมเป็นจำนวนคี่แต่เลขมวลเป็นจำนวนคู่จะมีเลขควอนต้มเป็นจำนวนเต็มตัวอย่างของนิวเคลียสต่างๆ แสดงในตารางที่ 1.1

เลขอะตอม	เลขมวล	เลขสปินควอนต้ม	โมเมนต์แม่เหล็ก	ตัวอย่าง
คู่	คู่	0	ไม่มี	C^{12},O^{16}
คู่	คี่	n/2	มี	C^{13},O^{17}
คี่	คู่	n	มี	N^{14},B^{10}
คี่	คี่	n/2	มี	H^{1},N^{15}

ตารางที่ 1.1 แสดงสมบัติของนิวเคลียสที่ขึ้นกับจำนวนโปรตอนและนิวตรอน

ในช่วงต้นปี ค. ศ. 1921 สเทอร์น (Stern) และเจอร์ลาช (Gerlach) ได้ทำการทดลองเพื่อแสดงว่าโมเมนต์แม่เหล็กของอะตอมเป็นปริมาณควอนตัม (Quantisation) โดยทดลองผ่านลำโมเลกุลเข้าไปในสนามแม่เหล็กไม่สม่ำเสมอ ปรากฏว่าสถานะต่างๆ ทางควอนตัมสามารถแยกออกได้ ต่อมาพวกเขาได้พัฒนาการทดลองให้ดียิ่งขึ้นทำให้สามารถตรวจวัดโมเมนต์แม่เหล็กของนิวเคลียสได้โดยผ่านลำโมเลกุลไฮโดรเจนเข้าไปในสนามแม่เหล็กสถิตสม่ำเสมอก่อนแล้วจึงผ่านต่อไปยังสนามแม่เหล็กที่ไม่สม่ำเสมอ และโดยการเพิ่มสนามแม่เหล็กที่เปลี่ยนกับเวลาเข้าไปด้วย ปรากฏว่ามีเพียงโมเลกุลซึ่งไม่เปลี่ยนระดับพลังงานเท่านั้นที่มาถึงเครื่องตรวจวัด และเมื่อความถี่ของสนามที่เปลี่ยนแปลงเป็นช่วงคลื่นวิทยุมีค่าเหมาะสมค่าหนึ่งจำนวนนิวเคลียสที่มาถึงเครื่องตรวจวัดจะน้อยลงดังนั้นโดยวิธีการ ทดลอง เช่นนี้ทำให้สามารถที่จะตรวจวัดการเปลี่ยนระดับพลังงานของนิวเคลียสได้

ในปี ค.ศ.1945 กลุ่มบุคคลสองกลุ่มได้ประสบความสำเร็จพร้อมกันในการค้นพบวิธีการตรวจวัดการเรโซแนนซ์ของสาร กลุ่มแรกประกอบด้วย บลอค (Bloch), แฮนเซ็น (Hansen) และแพคการ์ด (Packard) แห่งมหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด ได้ตรวจวัดสัญญาณเหนี่ยวนำแม่เหล็กจากโปรตอนของน้ำที่ความถี่ 7.76 MHz โดยใช้หัววัดขดลวดแบบไขว้ (Cross Coil Probe) กลุ่มที่สองประกอบด้วย เพอร์เซลล์(Purcell), ทอร์เรย์ (Torrey) และพราวด์ (Pound) แห่งมหาวิทยาลัยฮาร์วาร์ด โดยใช้หัววัดขดลวดเดี่ยว (Single Coil Probe) ตรวจวัดการดูดกลืนสัญญาณจากโปรตอนของพาราฟินที่ความถี่ 30 MHz ดังนั้นต่อมาในปี ค.ศ.1952 บลอคและเพอร์เซลล์ได้รับรางวัลโนเบลร่วมกันในการค้นพบครั้งนี้ ซึ่งเอ็นเอ็มอาร์ในขณะนั้นยังเป็นการทดลองเพื่อตรวจวัดโมเมนต์แม่เหล็กของนิวเคลียส

ในช่วงแรกๆ บลอคและคณะเสนอว่ามีหลายวิธีในการตรวจวัดเอ็นเอ็มอาร์วิธีหนึ่งคือการกวาด (sweep) ขึ้นลงของสนามแม่เหล็กโดยให้คลื่นความถี่วิทยุคงที่ หรือกระทำกลับกันโดยให้สนามแม่เหล็กคงที่ วิธีนี้เรียกว่าเอ็นเอ็มอาร์แบบคลื่นต่อเนื่อง (Continuous Wave NMR: cw NMR) เครื่องมือที่ใช้หลักการนี้ได้แก่ คิวมิเตอร์ (Q-Meter) และโรบินส์นออสซิลเลเตอร์(Robinson Oscillator) อีกวิธีหนึ่งคือให้คลื่นความถี่วิทยุที่เป็นพัลส์ (Pulse) กับระบบสปินแล้วตรวจวัดผลที่ตามมา

ซึ่งพบว่ามีพัลส์หรือการหมุนควงอย่างอิสระของสปินเกิดขึ้นเรียกเทคนิคนี้ว่า พัลส์เอ็นเอ็มอาร์(Pulse NMR) โดยเทคนิคทั้งสองเกิดขึ้นพร้อมกันแต่มีการประยุกต์ใช้ต่างกัน ในช่วงแรกๆ เทคนิคแบบพัลส์ใช้ศึกษาปรากฏการณ์ที่เปลี่ยนกับเวลาเป็นส่วนใหญ่ เช่น ค่าเวลาผ่อนคลาย (Relaxation Time) อย่างไรก็ตามเทคนิคแบบพัลส์นิยมใช้น้อยมากในทางเคมี ต่อมาการทดลองแบบ cw NMR ได้มีการ พัฒนาขึ้นเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ที่มีอำนาจแยกสูง (High Resolution) โดยแสดงผลเป็นสเปกตรัมที่เกิดจากการเลื่อนทางเคมี(Chemical Shift) ซึ่งสเปกตรัมเหล่านี้มีประโยชน์อย่างมาก โดยเฉพาะในทางเคมีอินทรีย์เพื่อวิเคราะห์หาโครงสร้างของสาร

ในปี ค.ศ. 1966เอิร์นท์ (Ernst) และแอนเดอร์สัน (Anderson) เสนอว่าโดยวิธีการแปลงแบบฟูเรียร์ (Fourier Transform) ทำให้เทคนิคแบบพัลส์สามารถแสดงผลแบบสเปกตรัมได้เช่นเดียวกับเทคนิคแบบ cwในช่วงต้นปี ค.ศ.1970 ได้พบเทคนิคซึ่งสามารถที่จะตรวจหามะเร็งในเนื้อเยื่อโดยใช้เอ็นเอ็มอาร์ทำให้มีการพัฒนาวิธีการตรวจวัดสัญญาณเอ็นเอ็มอาร์เฉพาะที่ขึ้นอย่างรวดเร็ว และสามารถสร้างภาพเนื้อเยื่อร่างกายมนุษย์ขึ้นได้โดยเรียกวิธีนี้ว่า การสร้างภาพโดยวิธีเอ็นเอ็มอาร์ (NMR Imaging) ปัจจุบันเป็นที่ยอมรับว่าการสร้างภาพโดยวิธีเอ็นเอ็มอาร์มีความสามารถและประสิทธิภาพสูงกว่าวิธีทางรังสีเอ็กซ์ (X-ray CT) อีกทั้งยังสะดวกและปลอดภัยกว่า (Taylor, Inamdar, and Bushell, 1988)

<u>วัตถุประสงค์และขอบเขตของวิทยานิพนธ์</u>

เนื่องจากปรากฏการณ์เอ็นเอ็มอาร์มีความสำคัญในทางฟิสิกส์ เคมี แพทย์ ดังได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ในการวิจัยครั้งนี้จึงได้สร้างเครื่องมือตามแบบของโรบินสันขึ้น เพื่อศึกษาถึงความสามารถและประสิทธิภาพของเครื่องมือ พร้อมทั้งดัดแปลงและปรับปรุงให้สามารถทำงานได้ทั้งเป็นเครื่องตรวจวัดเอ็นเอ็มอาร์แบบคลื่นต่อเนื่อง และแบบพัลส์ โดยใช้อุปกรณ์ที่สามารถหาได้ภายในประเทศ พร้อมทั้งใช้เครื่องมือที่สร้างขึ้นนี้แสดงปรากฏการณ์พื้นฐานเอ็นเอ็มอาร์ คือการเรโซแนนซ์ของนิวเคลียส, การสังเกตุสัญญาณ เอฟไอ ดี (Free Induction Decay:FID) และสปินเอกโค (Spin Echo) โดยระบบที่สร้างขึ้นนี้เป็นระบบที่ใช้อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำทำให้มีประสิทธิภาพสูงและยืดหยุ่นต่อการเชื่อมต่อระบบ

เหมาะสำหรับใช้ใน การเรียนการสอนและงานวิจัยต่อไป และเพื่อให้เหมาะกับงานที่กำลังวิจัยจึงเลือกให้เครื่องทำงานที่ความถี่ 10 MHz