



# ประวัติสภาพนำยวดยิ่ง\*

สุทัศน์ ยกส้าน

ภาควิชาฟิสิกส์ สำนักวิทยาศาสตร์

ราชภัฏอุบลราชธานี

บทความนี้กล่าวถึงประวัติการค้นพบสภาพนำยวดยิ่งและวิวัฒนาการของวิทยาการด้านนี้ เริ่มด้วยการค้นพบปรากฏการณ์สภาพนำยวดยิ่งในปรอทโดยฮอนเนสใน พ.ศ. ๒๔๕๔ จนกระทั่งถึงการค้นพบสภาพนำยวดยิ่งอุณหภูมิสูงในสารประกอบแลนทานัม คอปเปอร์ ออกไซด์ โดยเบเดนอร์ชและมุลเลอร์ ใน พ.ศ. ๒๕๒๙, และท้ายที่สุดได้กล่าวถึงการค้นพบเมื่อเร็วๆ นี้ว่า สารประกอบแมกนีเซียมไดโบไรด์ก็เป็นตัวนำยวดยิ่งด้วย.

คำสำคัญ : สภาพนำยวดยิ่ง

พ.ศ. ๒๔๕๔ เป็นปีที่สำคัญมากปีหนึ่งในประวัติของวิทยาการสาขาฟิสิกส์ เพราะในปีนี้ Arnold Eucken ได้เอ่ยถึงกลศาสตร์ควอนตัม (quantum mechanics) เป็นครั้งแรก และ Ernest Rutherford ได้พบนิวเคลียสของอะตอม, และในวันที่ ๒๘ เมษายนของปีเดียวกันนั้น Heike Onnes นักฟิสิกส์ชาวเนเธอร์แลนด์ก็ได้พบว่าเมื่อเขาทำให้ปรอทบริสุทธิ์มีอุณหภูมิต่ำถึง  $-268.9$  องศาเซลเซียส ปรอทจะให้กระแสไฟฟ้าผ่านอย่างไร้สภาพต้านทานไฟฟ้าใดๆ. Onnes เรียก

ปรากฏการณ์ที่สสารไร้สภาพต้านทานไฟฟ้าอย่างสมบูรณ์ว่าสภาพนำยวดยิ่ง (superconductivity). Onnes ยังได้พบอีกว่า ขณะที่ปรอทมีสภาพเป็นตัวนำยวดยิ่งนั้น กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านปรอทจะไม่ตกเลยแม้แต่น้อย และปรอทเองก็ไม่ร้อน. สมบัตินี้ได้ชี้้นำให้ Onnes เห็นว่า หากวิศวกรคิดนำลวดไฟฟ้าที่เป็นตัวนำยวดยิ่งไปใช้ในการส่งกระแสไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าจากต้นทางก็จะถึงปลายทางอย่างเต็มประสิทธิภาพร้อยละ ๑๐๐ หรือถ้านำลวดที่เป็น

ตัวนำยวดยิ่งไปพันรอบแท่ง แม่เหล็กแล้วปล่อยกระแสไฟฟ้าแรงสูงผ่าน ก็จะได้สนามแม่เหล็กที่มีความเข้มสูงมาก ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ และการประยุกต์ทางเทคโนโลยีขั้นสูงเป็นอันมาก.

แต่ในความเป็นจริง จะไม่สามารถนำปรอทแช่แข็งมาทำเป็นลวดไฟฟ้าได้. ดังนั้น นักวิทยาศาสตร์ทั่วโลกจึงได้พยายามวิจัยและพัฒนาวัสดุนาาชนิดเพื่อนำมาทำเป็นลวดไฟฟ้า ที่มีสมบัติเป็นตัวนำยวดยิ่ง และมีอุณหภูมิสูงกว่า  $-268$  องศาเซลเซียส และได้พบว่ามีโลหะบริสุทธิ์และสารประกอบต่างๆ อีกมากมายที่สามารถเป็นตัวนำยวดยิ่งได้ที่อุณหภูมิต่างๆ กัน โดยสถิติอุณหภูมิสูงสุดที่  $-250$  องศาเซลเซียสเป็นของสารประกอบ  $Nb_3Ge$  ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิของปรอทเพียง  $19$  องศาเซลเซียสเท่านั้นเอง. ถึงแม้ความสำเร็จนี้จะดูมีค่าเพียงเล็กน้อยในสายตาของคนทั่วไป แต่ในสายตาของนักฟิสิกส์อุณหภูมิต่ำแล้ว นี่คือการก้าวกระโดดของอุณหภูมิที่ใหญ่หลวง ในระยะเวลา

\*บรรยายในการประชุมสำนักวิทยาศาสตร์ ราชภัฏอุบลราชธานี เมื่อวันที่ ๑๖ มกราคม พ.ศ. ๒๕๔๕



ที่ยาวนาน ๖๒ ปี.

หลังจากนั้นนานถึง ๑๓ ปี นักฟิสิกส์ไม่ได้พบสารตัวนำยวดยิ่งชนิดใดที่มีอุณหภูมิสูงกว่า  $-250$  องศาเซลเซียสอีกเลย จนกระทั่งถึงเดือนเมษายน พ.ศ. ๒๕๒๙ J.G. Bednordz และ K.A. Müller แห่ง International Business Machines Corporation ที่เมืองซูริค สวิสเซอร์แลนด์ ได้ตีพิมพ์ผลงานวิจัยในวารสาร Zeitschrift für Physik ว่าสารประกอบ  $\text{La}_2\text{CuO}_4$  เวลาถูกโต้ปด้วยแบเรียมจะเป็นตัวนำยวดยิ่งที่อุณหภูมิ  $-243$  องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมินี้สูงกว่าสถิติเดิมถึง ๗ องศาเซลเซียส.

งานวิจัยนี้ไม่ได้รับความสนใจโดยบรรดานักฟิสิกส์ เพราะวารสารที่ลงพิมพ์ผลงานนี้มิได้มีชื่อเสียงมาก และนักฟิสิกส์แทบทั้งโลกคิดว่า การทดลองของ Bednordz กับ Müller ผิดพลาด.

แต่ Shoji Tanaka แห่งภาควิชาเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยโตเกียว ในประเทศญี่ปุ่น ผู้ได้วิจัยสภาพนำยวดยิ่งมานานร่วม ๑๐ ปี สนใจงานวิจัยของคณะนักฟิสิกส์แห่ง IBM ขึ้นนี้มาก เขาได้ทดลองซ้ำและก็ได้พบว่ามีสารประกอบแลนทานัมคอปเปอร์-ออกไซด์ ที่ถูกโต้ปด้วยแบเรียมเป็นตัวนำยวดยิ่งจริงๆ ที่อุณหภูมิ  $-243$  องศาเซลเซียส.

การแถลงข่าวการค้นพบสารตัวนำยวดยิ่งตัวใหม่ที่มหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด ในสหรัฐอเมริกา เมื่อวันที่ ๑๐ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๒๙ ได้รับการเผยแพร่ในหน้าหนึ่งของหนังสือพิมพ์

ทั่วโลกว่าเป็นการค้นพบแห่งศตวรรษ (discovery of the century).

เหตุการณ์นี้ได้ปลุกระดมนักวิทยาศาสตร์และวิศวกรทั่วโลกให้หันมาสนใจวิจัยและพัฒนาสารตัวนำยวดยิ่งให้มีอุณหภูมิสูงยิ่งขึ้นไปอีก และภายในเวลาเพียง ๓ เดือนหลังจากนั้นคือในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. ๒๕๓๐ P.W. Chu แห่งมหาวิทยาลัยฮิวสตัน ในสหรัฐอเมริกา ก็ได้พบว่าสารประกอบ  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$  ก็เป็นตัวนำยวดยิ่งที่อุณหภูมิ  $-175$  องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิของ  $\text{La}_2\text{CuO}_4$  ที่ Bednordz กับ Müller พบถึง ๖๘ องศาเซลเซียส.

นี่คือความสำเร็จที่ยิ่งใหญ่มหาศาล เพราะในอดีตเวลานักวิทยาศาสตร์ต้องการจะเห็นปรากฏการณ์สภาพนำยวดยิ่ง เขาจำเป็นต้องใช้ฮีเลียมเหลวที่อุณหภูมิ  $-268.9$  องศาเซลเซียส หล่อเลี้ยงสาร แต่บัดนี้หากใช้ในโตรเจนเหลวที่อุณหภูมิ  $-196$  องศาเซลเซียส เขาก็สามารถมีตัวนำยวดยิ่งได้แล้ว และเพราะบรรยากาศของโลกมีฮีเลียมน้อย ฮีเลียมเหลวจึงมีราคาแพง, แต่บรรยากาศมีไนโตรเจนอุดมสมบูรณ์ ดังนั้นไนโตรเจนเหลวจึงมีราคาถูก และนั่นก็หมายความว่าต้นทุนในการทำสารตัวนำยวดยิ่งก็มีราคาถูกด้วย.

ณ วันหนึ่งงานวิจัยและพัฒนาสภาพนำยวดยิ่งกำลังดำเนินต่อไปอย่างต่อเนื่อง สถิติอุณหภูมิสูงสุดของสารตัวนำยวดยิ่งชนิด Hg-Th-Ba-Cu-O คือ  $-109$  องศาเซลเซียส ซึ่งก็ยังต่ำกว่าอุณหภูมิห้อง ( $+30$  องศา

เซลเซียส) มาก.

ถึงอย่างไรก็ตาม เมื่อวันที่ ๑ มีนาคม พ.ศ. ๒๕๔๔ นี้ J. Akimitsu แห่งมหาวิทยาลัย Aoyama Gakuin ในประเทศญี่ปุ่น ได้ทำให้งานฟิสิกส์ตื่นเด่นอีกครั้งหนึ่งด้วยข่าวการพบว่ามีสารประกอบ  $\text{MgB}_2$  เป็นตัวนำยวดยิ่งที่อุณหภูมิ  $-384$  องศาเซลเซียส ซึ่งนับว่า “สูงมาก” ทั้งๆ ที่มันเป็นสารประกอบที่มีโครงสร้างง่ายๆ เยี่ยง  $\text{Nb}_3\text{Ge}$  และนักเคมีทั้งหลายรู้จักดี เพราะมักใช้ในการเตรียมบอรอน แต่ไม่ได้ตระหนักแม้แต่บัดนี้คิดว่า หากทำให้  $\text{MgB}_2$  มีอุณหภูมิต่ำถึง  $-384$  องศาเซลเซียสแล้ว จะเป็นตัวนำยวดยิ่งและเมื่อได้มีการพบอีกว่า  $\text{MgB}_2$  มีสมบัติไม่เปราะหรือหักง่าย นั่นก็หมายความว่าวิศวกรสามารถ นำไปทำเป็นลวดไฟฟ้าที่สามารถนำไฟฟ้าได้ดีกว่าลวดเซรามิกของ Chu คือสามารถนำกระแสไฟฟ้า ๑ ล้านแอมแปร์ได้โดยลวดไม่ร้อนหรือละลาย.

ทุกวันนี้นักเทคโนโลยีและนักวิทยาศาสตร์ทั่วไปมีความเห็นพ้องกันว่า เทคโนโลยีตัวนำยวดยิ่งคือ ๑ ใน ๕ ของเทคโนโลยีอนาคต ซึ่งได้แก่พลังงานปรมาณู พลาสดิก วัสดุสังเคราะห์ เลเซอร์ และตัวนำยวดยิ่ง การวิจัยเทคโนโลยีเหล่านี้จะมีผลกระทบอย่างมหาศาลต่ออุตสาหกรรมและสังคมของมนุษย์ในอนาคต.

ผลงานด้านตัวนำยวดยิ่งที่เคยได้รับรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ มีดังนี้ - พ.ศ. ๒๔๕๔ ได้แก่ H.K. Onnes ชาวเนเธอร์แลนด์ ผู้ค้นพบปรากฏการณ์สภาพนำยวดยิ่ง.



- พ.ศ. ๒๕๑๕ ได้แก่ J. Bardeen, L.N. Cooper และ J.R. Schrieffer ชาวอเมริกัน สำหรับการสร้างทฤษฎี BCS อธิบายสมบัติของตัวนำยิ่งยวด.
- พ.ศ. ๒๕๑๖ ได้แก่ I. Giaver ชาวอเมริกันเชื้อสายนอร์เวย์ สำหรับการพบปรากฏการณ์ทะลุทะลวง (tunneling) และ B.D. Josephson ชาวอังกฤษ สำหรับการพบปรากฏการณ์โจเซฟสัน (Josephson Effect) ในตัวนำยิ่งยวด.
- พ.ศ. ๒๕๓๐ ได้แก่ J.G. Bednordz ชาวสวีต และ K.A. Müller ชาวเยอรมัน สำหรับการพบปรากฏการณ์สภาพนำยิ่งยวดอุณหภูมิสูง (high temperature superconductivity).

## บรรณานุกรม

๑. Lynton EA. Superconductivity. Methuen & Co.; 1962.
๒. Dahl PF. Superconductivity. American Institute of Physics; 1992.
๓. Brown IM, Pais A, Pippard B, editors. XX century physics, vol. 2 IOP Publishing Ltd., American Institute of Physics Press; 1995.
๔. Hazen RM. The breakthrough : the race for the superconductor. Simon & Schuster ; 1998.

**Abstract** A History of Superconductivity

Suthat Yoksan

Associate Member, the Academy of Sciences, the Royal Institute, Thailand

In this paper a historical account of a major scientific discovery of superconductivity and its gradual development is given. The story begins with the discovery of superconductivity in mercury by Onnes in 1911, following by the discovery of high-temperature superconductivity in lanthanum copper oxide by Bednordz and Muller in 1986. Finally the recent discovery that magnesium diboride is a superconductor is also mentioned.

**Key word :** superconductivity