มติชน

ปีที่ 39 ฉบับที่ 14077 วันอาทิตย์ที่ 25 กันยายน พ.ศ. 2559 หน้า 16

ฟิสิกส์ธรรมดา สาระมันส์

เลเซอร์จับอะตอม

อาจวรงค์ จันทมาศ
www.facebook.com/ardwarong

น้ำเดือดๆ กับน้ำเย็นๆ แตกต่างกันอย่างไร?

คำตอบคือ น้ำเดือดที่มีอุณหภูมิสูงนั้น โมเลกุลเล็กๆ ของมันจะเคลื่อนไหวแบบวิ่งไปมาสะเปะสะปะมากกว่าน้ำเย็นๆ ในทางกลับกัน หากเราทำให้โมเลกุลจำนวนมากเคลื่อนไหวน้อยๆ ระบบก็จะยิ่งมีอุณหภูมิต่ำลง

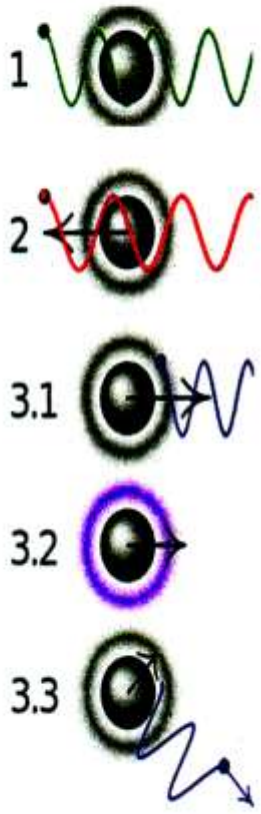
เหลือเชื่อที่นักฟิสิกส์สามารถใช้เลเซอร์ทำให้อะตอมมีอุณหภูมิต่ำลงจนเกือบเข้าใกล้ศูนย์สัมบูรณ์ได้ เทคนิคดังกล่าวเรียกว่า เลเซอร์คูลลิง (Laser cooling)

ก่อนจะเข้าใจความเลเซอร์คูลลิงทำงานอย่างไร ต้องเข้าใจปรากฏการณ์ดอปเปลอร์ (Doppler effect) เสียก่อน ปรากฏการณ์นี้เกิดขึ้นเมื่อแหล่งกำเนิดคลื่นมีการเคลื่อนที่เข้าหาหรือออกห่างจากผู้สังเกต ส่งผลให้ผู้สังเกตพบว่าความถี่ของคลื่นเปลี่ยนแปลงไป

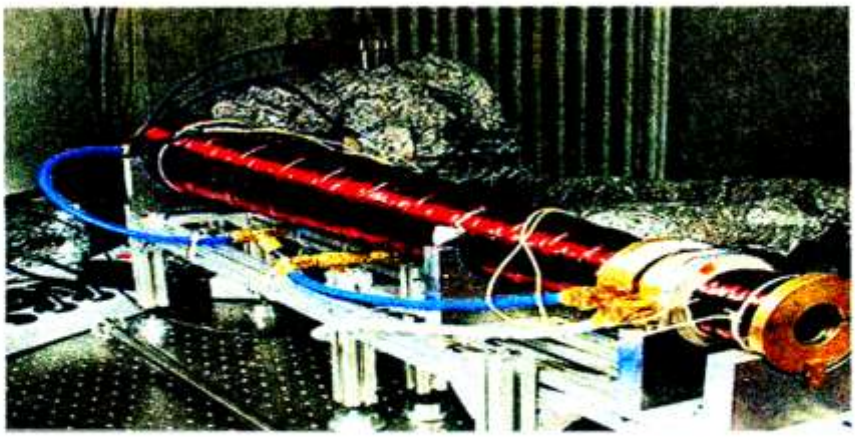
ยกตัวอย่างง่ายๆ เช่น เมื่อรถฉุกเฉินที่เปิดสัญญาณไซเรนวิ่งเข้าหาเรา เราจะได้ยินเสียงความถี่สูงขึ้นส่งผลให้เราได้ยินเสียงแหลมขึ้น แต่ถ้ารถฉุกเฉินวิ่งห่างออกจากเรา เราก็จะได้ยินเสียงมีความถี่ต่ำลงจนได้ยินเสียงทุ้มต่ำนั่นเอง

หลักการของเลเซอร์คูลลิงมีดังนี้

รูปที่ 1 ถ้าว่าเราฉายแสงเลเซอร์ใส่อะตอมที่หยุดนิ่ง แสงเลเซอร์จะเคลื่อนที่ทะลุผ่านอะตอมไปเฉยๆ ส่วนอะตอมก็จะอยู่ที่เดิมต่อไป



(ต่อด้านหลัง)



รูปที่ 2 หากอะตอมถอยห่างจากแหล่งปล่อยแสงเลเซอร์ อะตอมจะได้รับแสงเลเซอร์มีความถี่ต่ำลงและเคลื่อนที่ผ่านไปเฉยๆ ไม่ต่างจากในกรณีแรก

รูปที่ 3.1 หากอะตอมเคลื่อนที่เข้าหาแหล่งปล่อยแสงเลเซอร์ อะตอมจะได้รับแสงเลเซอร์มีความถี่สูงขึ้น และความถี่ที่อะตอมเห็นนั้นจะตรงกับความถี่ที่อะตอมนั้นจะรับไว้ (resonance absorption) ดังนั้นในทางเทคนิคจึงต้องมีการปรับจูนความถี่ของเลเซอร์ให้ได้อย่างละเอียดและเหมาะสมที่อะตอมจะรับไว้

รูปที่ 3.2 อะตอมที่รับแสงเลเซอร์ไว้จะอยู่ในสถานะกระตุ้นที่มีพลังงานสูง

รูปที่ 3.3 จากนั้นมันจะปลดปล่อยพลังงานออกมาในทิศทางสุ่มๆ และเคลื่อนที่ต่อแต่ด้วยความเร็วช้าลงกว่าตอนแรก ดังนั้น หากติดตั้งเลเซอร์ให้ฉายแสงในทิศทางตรงข้ามกันไว้หลายๆ ทิศทาง อะตอมก็จะช้าลงเรื่อยๆ จนเข้าใกล้การหยุดนิ่งได้ในที่สุด

หลักการทั้งที่กล่าวมานี้เรียกว่า Doppler cooling ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ด้วยวิธีต่างๆ กันไป

วิลเลียม ดาเนียล ฟิลลิปส์ (William Daniel Phillips) นักฟิสิกส์ชาวอเมริกันได้รับรางวัลโนเบลในปี 1997 จากการพัฒนาเทคนิคเลเซอร์คูลลิง ซึ่งทำให้นักฟิสิกส์สามารถศึกษาอะตอมได้ด้วยความแม่นยำสูงกว่าเดิมมาก นอกจากนี้ เขายังประดิษฐ์อุปกรณ์ที่มีชื่อว่า Zeeman slower ที่ใช้ในการทำเลเซอร์คูลลิงด้วย

อุปกรณ์ Zeeman slower

วิลเลียม ดาเนียล ฟิลลิปส์ กล่าวว่า ในสมัยที่เขาเรียนมหาวิทยาลัย เขาได้พบกับอาจารย์ที่จุดความสนใจฟิสิกส์ในตัวเขา โดยเฉพาะอย่างยิ่งวันหนึ่ง อาจารย์ได้ฉายภาพยนตร์ที่บันทึกการสอนฟิสิกส์ของสุดยอดนักฟิสิกส์อย่าง ริชาร์ด ไฟน์แมน (Richard Feynman) ในหัวข้อ "ธรรมชาติของกฎฟิสิกส์" (The Character of Physical Law) ให้นักศึกษาดู เขาประทับใจการสอนที่คมคาย รวมทั้งบรรยากาศในห้องเรียนตอนนั้นทำให้เขาอยากเรียนด้านฟิสิกส์

สุดท้ายเมื่อหันมาเรียนก็สร้างงานวิจัยจนได้รางวัลโนเบลอย่างที่ ริชาร์ด ไฟน์แมน เคยได้รับในปี 1965 ในที่สุด