

ดูอะตอมออกมาแล้วเรียงใหม่ได้จริงเปล่า

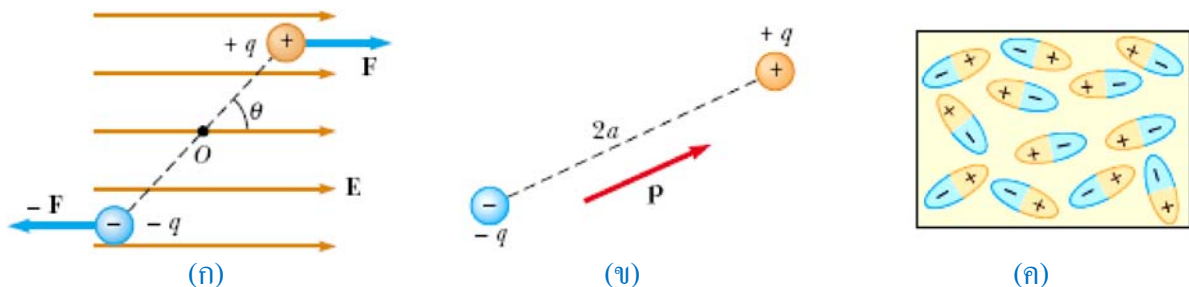
ชัชวาล ศรีภักดี

สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

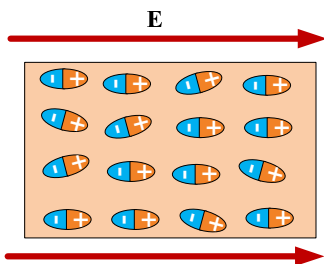
กรุงเทพฯ 10800

ในบทความปริทรรศน์นี้จะเป็นการนำเสนออันตรกิริยาระหว่างโฟตอนกับอะตอมอย่างคร่าวๆ ในมุมมองของพลศาสตร์ไฟฟ้าแบบฉบับ(Classical Electrodynamics) แสงเลเซอร์ที่มีกำลังความเข้มสูงมาก ๆ สามารถใช้ดึงอะตอมเดี่ยวใดๆ ในสถานะแก๊สแยกออกมาจากกลุ่มแก๊สได้ แสงเลเซอร์ที่ใช้ทำงานในลักษณะเช่นนี้ เรียกว่า ตัวดึงออกหรือตัวเคลื่อนย้ายทางแสง(Optical Tweezers) หรือ แม่เหล็กเชิงแสง(ผู้เขียนเรียกขานเอง) ที่ทำอย่างนี้ได้ก็เพราะลำแสงเลเซอร์ถูกโฟกัสให้เล็กและคมมากนั่นเอง นั่นหมายความว่า จำนวนโฟตอนของแสงเลเซอร์ที่จุดโฟกัสนี้อัดตัวกันอยู่อย่างหนาแน่นมาก ซึ่งจะมีค่ากำลังสองเฉลี่ยของสนามไฟฟ้า E_{rms} ของแสงที่สูงมากที่จุดโฟกัสหรือบริเวณรอบๆจุดนี้ เมื่อจุดโฟกัสนี้อยู่ใกล้กับวัสดุหรือสารพวกไดอิเล็กตริก(ซึ่งปกติเป็นฉนวนไฟฟ้า) ที่เป็นแผ่นบางมากๆ เช่น อะตอมของดีเอ็นเอ (DNA)หรือ วัสดุนาโนชนิดอื่นๆ ก็จะทำให้เกิดการดึงดูดกันระหว่างแสงกับอะตอมในย่านระดับพลังงานของพันธะเคมีได้ ซึ่งกลไกนี้สามารถอธิบายตามหลักของฟิสิกส์ธรรมดาได้โดยง่าย กล่าวคือ สนามไฟฟ้าของแสงเลเซอร์จะไปเหนี่ยวนำให้การกระจายตัวของอิเล็กตรอนที่กำลังยึดเหนี่ยวกับนิวเคลียสของอะตอมเกิดขึ้นอย่างไม่สมมาตร จึงเกิดสภาพมีขั้วไฟฟ้าขึ้นจากกลุ่มของอิเล็กตรอนที่กระจายตัวอย่างไม่สม่ำเสมอนี้เอง โดยตรงบริเวณที่มีอิเล็กตรอนหนาแน่นมากกว่าจะประพฤติตัวเป็นขั้วลบส่วนตรงบริเวณที่ความหนาแน่นอิเล็กตรอนน้อยกว่าจะประพฤติตัวเป็นขั้วบวกซึ่งมักจะอยู่ทางซีกของนิวเคลียสด้วย ขั้วไฟฟ้าทั้งสองนี้จะอยู่ด้วยกันเป็นคู่ๆและอยู่ตรงข้ามกันเสมอ เรียกว่า ไดโพลโมเมนต์(Dipole Moment)เขียนแทนด้วย \mathbf{p} ดังรูปที่ 1



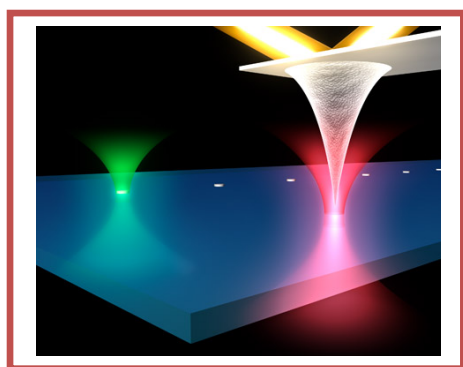
รูปที่ 1 เมื่อคู่ของอิเล็กตรอนมีประจุไฟฟ้า $-q$ และ โปรตอนมีประจุไฟฟ้า $+q$ วางอยู่ในสนามไฟฟ้า \mathbf{E} (ก) สนามไฟฟ้าจะพยายามจัดให้อิเล็กตรอนวางอยู่ในด้านที่ทิศทางของสนามพุ่งเข้ามา ส่วน โปรตอนจะถูกจัดให้วางอยู่ในด้านที่สนามพุ่งออกไป (ข) ไดโพลโมเมนต์ที่เกิดขึ้นมีทิศทางซึ่งจากประจุลบไปยังประจุบวกโดยมีขนาด $p = 2aq$ (ค) แสดงการกระจายตัวของไดโพลโมเมนต์ของแต่ละอะตอมในสาร ไดอิเล็กตริกหรือกลุ่มของแก๊สขณะที่วางอยู่ในสนามไฟฟ้าอ่อนๆ

หากพิจารณาตามธรรมชาติของประจุไฟฟ้าที่วางอยู่ในสนามไฟฟ้าแล้ว คงทราบกันดีว่าสนามไฟฟ้าจะออกแรงกระทำต่อประจุไฟฟ้าทั้งในรูปของแรงผลักและแรงดูดซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของประจุไฟฟ้า กล่าวคือ สนามไฟฟ้าออกแรงผลักแก่ประจุไฟฟ้าบวกและออกแรงดึงดูดแก่ประจุไฟฟ้าลบให้เคลื่อนที่ตามแนวของเส้นสนามไฟฟ้า และสำหรับไดโพลโมเมนต์เมื่อวางอยู่ในสนามไฟฟ้าก็จะถูกสนามไฟฟ้านี้เหวี่ยงด้วยแรงบิดหรือทอร์กทำให้ขั้วไฟฟ้าทั้งสองของอะตอมเรียงตัวใหม่ดังรูปที่ 2 หากสนามไฟฟ้ามีลักษณะเอกรูป (uniform) แรงลัพธ์ทางไฟฟ้าที่เกิดขึ้นแก่ประจุทั้งสองจะทำให้ไดโพลโมเมนต์นี้เคลื่อนที่ด้วยความเร่งออกไปตามเส้นของสนามไฟฟ้าต่อไปอย่างช้าๆ ได้บ้างถ้าหากเป็นไดโพลโมเมนต์ของอะตอมอิสระ

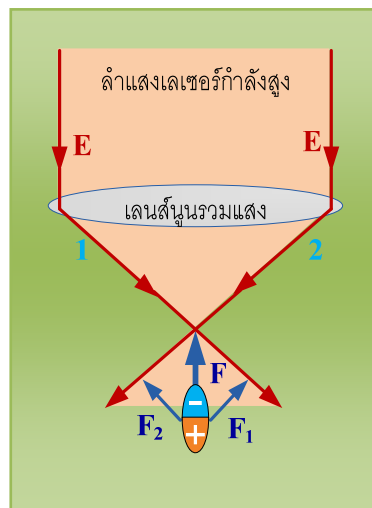


รูปที่ 2 เมื่อฉายแสงเลเซอร์ลงที่อะตอมไดโพลโมเมนต์ p ของอะตอมจะพยายามจัดเรียงตัวเองในทิศเดียวกับทิศของสนามไฟฟ้า E ซึ่งมีความเข้มของสนามสูงมาก

คราวนี้เมื่อเราทำให้สนามไฟฟ้าของแสงเลเซอร์มีลักษณะที่ไม่เอกรูป(nonuniform)บ้าง ซึ่งทำได้โดยใช้เลนส์ขนานบังคับทิศทางของสนามไฟฟ้าไปที่จุดโฟกัส แรงลัพธ์ $F \cong F_1 + F_2$ ที่เกิดขึ้นกับไดโพลโมเมนต์ใดๆตัวหนึ่ง ใกล้ๆจุดโฟกัสจะเป็นดังรูปที่ 3



(ก)



(ข)

รูปที่ 3 (ก) แสดงการโฟกัสแสงเลเซอร์ลงบนผิวของสารไดอิเล็กตริก (ข) แสดงทิศทางของแรงลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากอันตรกิริยาระหว่างไดโพลโมเมนต์ของอะตอมกับโฟตอนของแสงเลเซอร์ เมื่อมองตามแบบทฤษฎีพลศาสตร์ไฟฟ้าแบบฉบับ จะพบว่าแรงลัพธ์ F เนื่องมาจากสนามไฟฟ้า E ของรังสีต่างๆ เช่น จากของรังสีที่ 1 และ 2 ที่กระทำต่อไดโพลเป็นต้น กำลังชี้ตรงไปยังจุดโฟกัสของลำแสงเลเซอร์เสมอ

ซึ่งแรงนี้จะเป็นแรงดึงดูดเสมอเมื่อเทียบกับจุดโฟกัสของแสงเลเซอร์ ถ้าหากเราเคลื่อนย้ายจุดโฟกัสของแสงเลเซอร์นี้ไปยังจุดใดๆในอวกาศ อะตอมที่อยู่ในรูปของไดโพล โมเมนต์ที่อยู่ใกล้กับจุดโฟกัสนี้จะเคลื่อนตามไปเช่นกัน นี่จึงนำไปประยุกต์ในเรื่องการเคลื่อนย้ายอะตอมได้อีกวิธีหนึ่ง ซึ่งอาจประยุกต์ใช้ในการปลูกชั้นของฟิล์มให้บางในระดับนาโนเมตรได้ ในทางประยุกต์ความยากง่ายของการปลูกชั้นนาโนบนผิวของวัสดุขึ้นอยู่กับความสามารถของเครื่องมือและธรรมชาติของชนิดของไดโพลของอะตอมที่จะถูกคัดออกมาแล้วนำมาวางเรียงกันตามพื้นผิวที่ต้องการ หรืออาจประยุกต์ใช้ในการเคลื่อนย้ายแหล่งของสถานะคิวบิต (Qubit or Quantum bit) จากอะตอมในวงจรคอมพิวเตอร์ควอนตัมได้เช่นกัน โดยใช้โซลิตอนมืดที่มีค่า FWHM เล็กๆหรือแถมมากๆก็ได้ ซึ่งการอธิบายอันตรกิริยาระหว่างโฟตอนกับอะตอมให้ถูกต้องและชัดเจน จะต้องใช้หลักของทฤษฎีกลศาสตร์ควอนตัม (Quantum Mechanics) ซึ่งซับซ้อนมากสำหรับผู้อ่านทั่วไปจึงไม่ขอกล่าวในที่นี้
