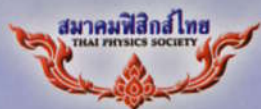




ขอสงวนพระเกียรติยศอันนาน

สรุปข่าว SPC2007
ฟิสิกส์กับมดดำ
เส้นใยนาโน(3)
เฟสการเคลื่อนที่ของฟองชน

ตัวนำยิ่งยวด



Thai Journal of Physics

วารสาร

วารสารสำหรับผู้ที่รักและสนใจในแวดวงฟิสิกส์

ฟิสิกส์ไทย

ISSN 0857-1449

ปีที่ 24 ฉบับที่ 2 : มิถุนายน - สิงหาคม 2550



สารบัญ

สวัสดิ์

2 : ภาพหมู่ชาวฟิสิกส์ไทยที่ SPC 2007

3 : สวัสดิ์

4 : สรุปข่าว

6 : สรุปข่าว SPC 2007

10 : สาส์นจากนายกสมาคมฟิสิกส์ไทย

11 : เรื่องเด่นประจำฉบับ : ตัวนำยิ่งยวด

14 : ฟิสิกส์ของวัสดุ : เส้นใยนาโน (3)

20 : โลกชีวฟิสิกส์ : ฟิสิกส์กับมดดำ

23 : เรียนเล่นฟิสิกส์ : การเลี้ยวเบนของแสงจากมุ้งลวด

25 : กางตำราฟิสิกส์ : เวลาคือการดำรงอยู่และความเปลี่ยนแปลง

29 : ประสบการณ์ฟิสิกส์ : เกียฟ



กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ให้การสนับสนุน
ในการจัดพิมพ์วารสารฉบับนี้

“While our government will do its utmost to invest in science,
I call upon the scientific community to also invest its time and
intellectual energy in the revitalization of our science
institutions.”

ข้างบนนี้ คือ ส่วนหนึ่งของคำปราศรัยของนายกรัฐมนตรี
มานโมฮาน ซิงห์ ของประเทศอินเดีย ที่กล่าวไว้ในพิธีเปิด
การประชุมวิทยาศาสตร์แห่งชาติ ครั้งที่ 94 เมื่อวันที่ 3-7 มกราคม
พ.ศ. 2550 โดยในส่วนที่ยกมานี้เป็นการกำหนดมาตรฐานคุณภาพ
การวิจัยในมหาวิทยาลัยและสถาบันวิจัยของประเทศที่กำลัง
ตกต่ำลง แต่ท่านไม่ได้ดีแต่บ่น เพราะท่านได้แสดงความรับผิดชอบ
ในส่วนของท่านเป็นอย่างดี ด้วยการให้คำมั่นสัญญาว่าภายใน 5 ปี
ข้างหน้า รัฐบาลของท่านจะเพิ่มการลงทุนทางด้านวิทยาศาสตร์
และเทคโนโลยีของประเทศให้ขึ้นไปถึง 2% ของ GDP [ซึ่งเป็น
ตัวเลขขั้นต่ำของประเทศที่ประสบความสำเร็จในการพัฒนาชาติ
อย่างเช่น สวีเดน (4.27%), ญี่ปุ่น (3.1%), สหรัฐอเมริกา (2.7%),
เกาหลีใต้ (2.5%), ไต้หวัน (2.2%) และสิงคโปร์ (2.2%) เป็นต้น]

(ต่อที่หน้า 4)

พบกันใหม่ฉบับหน้า : กันยายน 2550

กองบรรณาธิการ ชาญกิจ คันถ่อง, พรรัตน์ วัฒนกุลวิเศษ, ชงยุทธ เหล่าศิริถาวร, รัตติกร ยิ้มนิรันดร์, ศิรามาศ โกมลจินดา, สมชาย
เกียรติกมลชัย, สุภาพ ชูพันธ์ หัวหน้ากองบรรณาธิการ สมศรี สิงขรัตน์ ที่ปรึกษากองบรรณาธิการ กลชาญ อนันตสมบุญ, มานิต รุจิโรดม
ฝ่ายภาพและออกแบบปก มิณชัย เมธิ์สุกุล, ราเชนทร์ เจริญบุญกุล เลขานุการกองบรรณาธิการ กฤติยา ไอศกัณฐ์ พิมพ์ที่ หน่วยพิมพ์เอกสาร
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จำนวน 2,000 เล่ม

ติดต่อกองบรรณาธิการ วารสารฟิสิกส์ไทย สมาคมฟิสิกส์ไทย ตู้ปณ.217 มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50202 โทรศัพท์ :
053-942464, 943379 โทรสาร: 053-222776 วารสารฟิสิกส์ไทย เป็นวารสารราย 3 เดือน มีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่สาระ-ข่าวสาร และเป็น
สื่อสัมพันธ์ในมวลหมู่สมาชิกและผู้ที่เกี่ยวข้องในแวดวงฟิสิกส์ ส่งเสริมให้เกิดการแลกเปลี่ยนข้อมูลและประสบการณ์เกี่ยวกับฟิสิกส์ในวงกว้าง
ที่สร้างสรรค์ โดยความคิดเห็นและทัศนะที่ปรากฏอยู่ในบทความต่างๆ เป็นเฉพาะของผู้เขียนแต่ละท่าน สมาคมฟิสิกส์ไทยไม่จำเป็นต้อง
เห็นด้วยเสมอไป

Website = <http://thps.org> ผู้ดูแล: จตุพร สายสุด ติดต่อ : info@thps.org

คณะกรรมการสมาคมฟิสิกส์ไทย ประจำปี 2550-2552 ที่ปรึกษา: ดร.วิโรจน์ ดันตราภรณ์, รศ.ดร.วิจิตร เล็งหะพันธ์, ศ.ดร.วิรุฬห์
สายคณิต, ศ.ดร.สุทัศน์ ยกส้าน, ผศ.ดร.วาทิพันธ์ ปรัชญพฤตย์, ศ.ดร. ทวี ดันมศิริ นายกสมาคมฯ ศ. เกียรติคุณ ดร. ธีรพัฒน์ วิไลทอง อุปนายก
รศ.ดร.พิเชษฐ ลิ้มสุวรรณ เลขานุการ ดร.คุณฐิ สุวรรณขจร รองเลขานุการ ดร.รัฐชาติ มงคลนาวัน เจริญญิก ผศ.กานดา สิงขรัตน์ นายทะเบียน
ผศ.ดร.ธีรวรรณ บุญญวรรณ ประธานสัมพันธ์ ดร. บัญชา ชนบุญสมบัติ บรรณาธิการวารสารฟิสิกส์ไทย รศ.ดร.สมศรี สิงขรัตน์ ปฎิคม
ผศ. รังนา ชินพิทักษ์ กรรมการ ประธานสาขาฟิสิกส์ สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยฯ (ผศ. ศิลปชัย บุรณพานิช), รศ.ดร. ชัยวิทย์
สิลาวัณนาไนย, รศ.ดร.วิระพงษ์ แพสุวรรณ, รศ.ดร.พิบูล วัฒนวิชาติ, ผศ.ดร. ขจรยศ อยู่ดี, ผศ.ดร. วิทยา อมรกิจบำรุง, ผศ.ดร. ประยูร ส่งศิริฤทธิกุล,
คุณสุธิ เพชรารุช, ศ.ดร. ชูกิจ ลิ้มปิ่นนัง, รศ.ดร. ณสรวรค์ ผลโลก, ผศ.ดร. สันติ แม้นศิริ, ผศ.ดร. ธนากร ไอสถจันทร์, ผศ. นรินทร์ วิทิตอนันต์,
ผศ. ศิวารพ สหวัฒน์, ดร. พรเทพ นิสมณิพงษ์, คุณอัจฉรา เจริญสุข

สรุปข่าว

สถิติ (ต่อจากหน้า 3)

ผมอยากให้นายกรัฐมนตรีไทย ดำเนินการวิทยาศาสตร์ไทยแบบนี้บ้างจัง **แลกกับคำมั่นสัญญา**แบบของนายกรัฐมนตรีอินเดีย เพราะที่เพิ่งผ่านมาสัดส่วน R&D/GDP ของประเทศไทยน่าเป็นห่วงมากครับคือเหลือเพียง **0.26%** เท่านั้น **ยังน้อยกว่าของประเทศคิวบาเสียอีก (0.62%)** ทั้งที่แผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 9 (พ.ศ. 2545-2549) ตั้งเป้าไว้ที่ **0.4%**

ตอนนี้เราเริ่มอยู่ในแผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2550 – 2554) แล้วครับ ซึ่งได้กำหนดเป้าหมาย R&D/GDP ไว้ที่ 0.5% ...**เราจะสูญเสียโอกาสและอนาคตของลูกหลานอีก 5 ปีไหมหนอ?**

(หมายเหตุ : ตัวเลขของไทยค้นมาจาก website ของ “สภาพัฒน์-NESDB”)

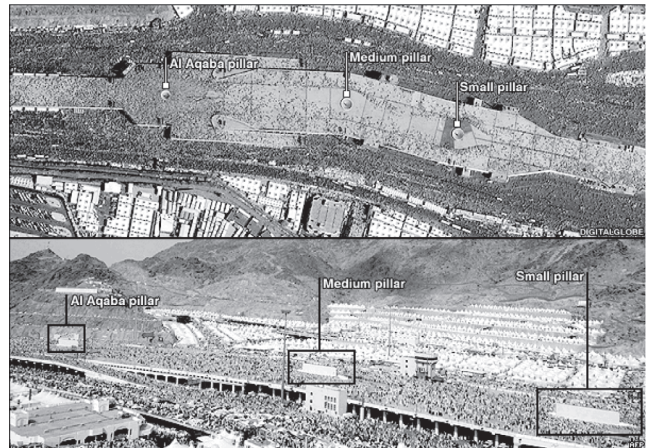
เฟสของการเคลื่อนที่ของฝูงชน

มีหลายเหตุการณ์ที่ชนหมู่มากต้องมาเบียดเสียดอยู่ด้วยกัน เช่น ในกรณีของการแข่งขันกีฬานักสำคัญๆ หรือการแข่งขันของวัดถ้ำมรกต ฯลฯ ซึ่งผู้ที่รับผิดชอบมักที่ต้องอดกังวลเสียมิได้ เพราะถ้าเกิดความผิดพลาดขึ้นมา มีโอกาสเหยียบกันถึงตายได้

และที่เกี่ยวกับชนหมู่มากจริงๆ แบบไม่มีใครเทียบได้ก็คือการเดินทางไปประกอบพิธีฮัจญ์ที่ประเทศซาอุดีอาระเบียของชาวมุสลิมทั่วโลก ในแต่ละปีมีชาวมุสลิมถึงกว่า สองล้านคนไปร่วมชุมนุมกันแถวๆ นครเมกกะ ซึ่งในขั้นตอนหนึ่งของพิธีการจะต้องมีการเดินผ่านสะพาน Jamarat และที่จุดนี้เองมักเกิดอุบัติเหตุขึ้น เช่น ในปี ค.ศ. 2004 มีคนตาย 251 คน และล่าสุดเมื่อตอนประมาณกลางเดือนมกราคมของปีที่แล้ว มีคนตายที่บริเวณหัวสะพานสามร้อยกว่าคน กับบาดเจ็บอีกสองร้อยกว่าคน

นักฟิสิกส์เยอรมัน 2 คน คือ Dirk Helbing กับ Anders Johansson แห่ง Dresden University of Technology จึงได้นำภาพถ่ายวิดีโอที่มีการบันทึกไว้มาศึกษาอย่างละเอียด โดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยวิเคราะห์ ตำแหน่ง และความเร็วของผู้แสวงบุญจำนวนหนึ่งที่อยู่ในท่ามกลางฝูงชนจำนวนมากที่กำลังพากันเดินมุ่งหน้าไปยังสะพาน Jamarat และได้พบว่าพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของฝูงชนจำนวนมากในครั้งนั้น มี 3 เฟส (phase) ด้วยกัน

เฟสแรกนั้นเป็นลักษณะของ laminar flow กล่าวคือผู้แสวงบุญต่างก็พากันเดินบ่าหน้าไปในทางเดียวกัน โดยได้ระยทางเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ แต่เมื่อมีผู้ทยอยเข้ามาสมทบมาก



สะพาน Jamarat ที่ Mina ใกล้นครเมกกะ (บน) ลักษณะสะพานก่อนปี ค.ศ. 2004 (ล่าง) ลักษณะสะพานที่ได้รับการปรับปรุงแล้วหลังเกิดอุบัติเหตุในปี ค.ศ. 2004

ขึ้นๆ ความหนาแน่นก็เพิ่มขึ้นด้วย ทำให้อัตราการไหลของฝูงชนไปทางสะพาน Jamarat เริ่มช้าลง และถึงจุดหนึ่งการเคลื่อนที่ก็เปลี่ยนเข้าสู่เฟสที่สอง คือเป็นแบบ “เดินๆ – หยุดๆ” แล้วอาการนี้แพร่กระจายออกไปเหมือนคลื่น ในขณะที่ความหนาแน่นของฝูงชนก็เพิ่มมากขึ้น เดินเข้าไปใกล้หัวสะพานมากขึ้น ซึ่งมีลักษณะคล้ายคอขวด การเคลื่อนที่เริ่มช้าลงมาก และแล้วแทบจะในบัดดลก็ได้เปลี่ยนเข้าสู่เฟสที่สาม ซึ่งเป็นเฟสอันตราย

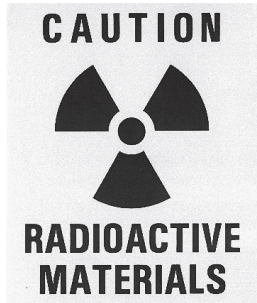
ในเฟสที่สามนั้น มีผู้คนเป็นห่อหม่อมย่อยๆ ที่เริ่มจะเคลื่อนที่แบบไร้ทิศทางซึ่งเรียกลักษณะนี้ว่า “การปั่นป่วนของฝูงชน (crowd turbulence)” ซึ่งอาจเริ่มจากการที่บางคนเกิดรู้สึกล้มหรืออึดอัดขึ้นมาจึงพยายามกันให้ตัวเองมีที่ทางมากขึ้นแบบทิศไหนก็ได้ ไม่เกี่ยงจนในที่สุดพัฒนาเป็นเกิดการโกลาหลถึงขั้นบาดเจ็บล้มตายดังกล่าวแล้ว

จากการศึกษาในครั้งนี้นับว่าขั้นที่เกิดการโกลาหลจนเบียดเสียดเหยียบกันถึงตายจะเกิดขึ้นประมาณ 10 นาที หลังเกิดลักษณะ “crowd turbulence” หรือประมาณ 30 นาที หลังเกิดลักษณะ “เดินๆ - หยุดๆ” ซึ่งแปลว่ามีเวลานานมากพอที่คณะผู้ดูแล/อำนวยความสะดวกจะเข้าไปช่วยแก้ไขเพื่อเป็นการตัดไฟเสียแต่ต้นลม ถ้ามีความเข้าใจในพฤติกรรมของฝูงชนหมู่มากอย่างนี้แล้ว และมีระบบถ่ายทอดภาพให้เห็นที่มีประสิทธิภาพ

หลังเกิดอุบัติเหตุดังกล่าวทางการซาอุดีอาระเบียได้ตัดสินใจปรับปรุงสะพาน Jamarat ใหม่ขนานใหญ่อีกครั้ง ด้วยการทุ่มงบประมาณหนึ่งพันล้านเหรียญสหรัฐ (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมที่ arXiv.org/abs/physics/0701203)

สรุปข่าว

สำคัญให้แน่ใจ

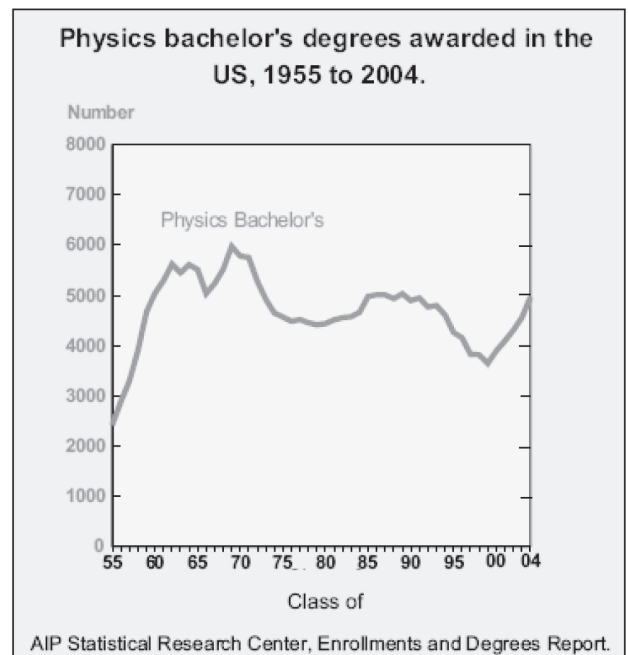


สัญลักษณ์ที่เห็นข้างบนนี้ (มีพื้นสีเหลือง ตัวลายสีม่วงหรือดำ) ถูกใช้กันมานานแล้ว เพื่อเตือนให้ระวังอันตรายจากกัมมันตภาพรังสี แต่ตอนนี้ทางทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (International Atomic Energy Agency) หรือ IAEA เริ่มคิดว่า มันยังส่งสัญญาณเตือนภัยที่มีประสิทธิภาพไม่มากพอ โดยเฉพาะกับบุคคลทั่วไป ดังนั้นจึงได้ร่วมมือกับองค์กร International Organization for Standardization (ISO) สร้างสัญลักษณ์เตือนภัยรังสีขึ้นมาอีกแบบ ดังแสดงในรูปข้างล่าง (พื้นสีแดง ตัวลายสีดำ) ซึ่งมีรวมทั้งสัญลักษณ์อย่างรูปข้างบนที่กำลังแผ่กัมมันตรังสีหวัะโหลกกับกระดูกไขว้ และรูปคนกำลังวิ่งหนี เพื่อใช้เสริมกับสัญลักษณ์ข้างบน ทั้งนี้จะไม่นำสัญลักษณ์ใหม่นี้ไปติดตามประตูหรือตัวอาคาร แต่จะใช้ติดบนตัวอุปกรณ์ที่มีแหล่งกำเนิดกัมมันตรังสีอยู่ภายใน เพื่อเตือนให้ชัดเจนว่ามีอันตรายที่ควรหนีห่างอยู่ภายในอย่าได้ไปเปิดไปแกะเล่นโดยเด็ดขาด (เช่น กรณีขาล้างกับก๊อนตะกั่วที่มีสารกัมมันตรังสีโคบอลต์-60อยู่ภายใน ที่เป็นข่าวครึกโครมไป เมื่อปี พ.ศ. 2543)



เด็กอเมริกันยกโขยงกันเรียนฟิสิกส์??

จากผลการสำรวจของสถาบันฟิสิกส์แห่งสหรัฐอเมริกา (American Institute of Physics หรือ AIP) พบว่า หนึ่งในสี่คนของนักเรียนมัธยมปลายในอเมริกาเลือกเรียนวิชาฟิสิกส์ ขณะเดียวกันในปี ค.ศ. 2005 จำนวนบัณฑิตที่จบระดับปริญญาตรีในสาขาวิชาฟิสิกส์ก็เพิ่มขึ้นจนมากกว่า 5,000 คน เป็นการเพิ่มขึ้นถึง 31% ในรอบหกปีนับตั้งแต่ปี ค.ศ. 1999 ที่มีจำนวนบัณฑิตที่จบฟิสิกส์ลดลงมากที่สุด (รูปที่ 1) Michael Neuschatz นักสถิติของสถาบัน AIP ตั้งข้อสังเกตว่าที่นักเรียนมัธยมปลายเลือกเรียนฟิสิกส์เพิ่มมากขึ้นนั้น น่าจะมาจากการสอนฟิสิกส์ที่เน้น “ความเข้าใจ (conceptual)” ซึ่งจะไม่เน้นคณิตศาสตร์ โดยข้อสังเกตนี้สอดคล้องกับจำนวนของนักเรียนมัธยมปลายที่เรียนฟิสิกส์โดยใช้หนังสือที่เน้นความเข้าใจมีจำนวนเพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2 แต่ Neuschatz ไม่สามารถให้เหตุผลได้ว่าทำไมจำนวนนักศึกษาในระดับมหาวิทยาลัยที่เลือกเรียนฟิสิกส์เป็นวิชาเอกจึงเพิ่มขึ้น หรือนี่อาจจะเป็นผลพลอยได้จากความประทับใจในการเรียนฟิสิกส์ที่เน้นความเข้าใจจากตอนสมัยชั้นมัธยมก็เป็นได้



รูปที่ 1 จำนวนบัณฑิตที่จบปริญญาตรีฟิสิกส์ในสหรัฐอเมริกาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1955-2004

สรุปข่าว

	Conceptual	Regular 1st year	Honors	AP/2nd year	
1987	4	81%	11	4	624,000 students
1990	10	73%	12	5	623,000 students
1993	8	6*	13	6	697,000 students
1997	11	8*	15	8	807,000 students
2001	11	10*	13	11	931,000 students

* คือชั้นเรียนฟิสิกส์ทั่วไป แต่ใช้หนังสือฟิสิกส์ที่เน้นความเข้าใจ (Conceptual physics textbook)

รูปที่ 2 จำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษาที่เรียนฟิสิกส์ในชั้นเรียนแบบต่างๆ

กฎ 3 ข้อของไอน์สไตน์ (?)

ปีฟิสิกส์โลกเพื่อสคูลไอน์สไตน์ได้ผ่านมาหลายเพลแล้ว ก็ได้มีการพูดคุยกันไว้ตรงโน้นบ้าง ตรงนี้บ้างว่า ผลงานความคิดของไอน์สไตน์ได้รับการพิสูจน์ยืนยันจากการทดลองแล้ว แฟนคลับของไอน์สไตน์บางคนจึงอดสงสัยไม่ได้ว่า ก็ที่ยังมีกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน, กฎของคูลอมบ์, กฎของฟาราเดย์ได้ แต่ทำไมจึงยังคงเรียกอยู่คำว่า “ทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษของไอน์สไตน์” อยู่ กระนั้นเลยตะแคงขอเสนอเป็นตุ๊กตานำร่องไว้ว่า “กฎ 3 ข้อของไอน์สไตน์” คือ

1. กฎทั้งหลายของฟิสิกส์จะยังคงเหมือนเดิมเหมือนกันในทุกกรอบอ้างอิงที่ไม่มีความเร่งหรือกรอบเฉื่อย (inertial frame)
2. อัตราเร็วแสงในสุญญากาศ (c) จะมีค่าเท่ากันหมดในทุกกรอบเฉื่อย และ
3. พลังงานรวม E ของวัตถุมวล m ที่มีโมเมนตัม p คือ

$$E = \sqrt{m^2 c^4 + p^2 c^2}$$

ชาวฟิสิกส์ไทยละครับคิดอย่างไร.....เห็นด้วยหรือไม่ครับ?



สรุปข่าว Siam Physics Congress 2007



เช้าตรู่วันพฤหัสบดีที่ 22 มิ.ค. 2550 การสัมมนา Siam Physics Congress 2007: “Physics and Technology for Self-Reliance” (SPC 2007) ก็ได้เริ่มต้นขึ้น ณ โรงแรมโรสการ์เดน ริเวอร์ไซด์ ริมแม่น้ำท่าจีน จ.นครปฐม อันร่มรื่น SPC 2007 คือ การสัมมนาและประชุมครั้งใหญ่ของชุมชนนักฟิสิกส์และเทคโนโลยี จัดขึ้นโดย สมาคมฟิสิกส์ไทย และ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อสรุปงานวิจัยฟิสิกส์ล่าสุดในประเทศ, การศึกษาฟิสิกส์, และเทคโนโลยีต่างๆ ในการพัฒนาประเทศและการพึ่งพาตนเอง การสัมมนานี้จะจัดขึ้นเป็นประจำทุกปี และระดมนักฟิสิกส์และนักเทคโนโลยีจากทั่วประเทศที่ให้ความสนใจในด้านทฤษฎีการทดลองและการประยุกต์วิชาฟิสิกส์ และไม่ว่าจะเป็นนักวิจัยไทยหรือนักวิจัยต่างประเทศที่ทำงานร่วมกับนักวิจัยไทย มาประชุมสัมมนาแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกัน การสัมมนาที่ จ.นครปฐม ในปีนี้ยังรวมถึงการประชุม Thai National Astronomy Meeting (THAM 2007) กับ The 1st Meeting of South-East Asian Astronomical Net Work (SEAAN) ที่มีนักดาราศาสตร์และนักการศึกษาดาราศาสตร์จากหลายประเทศเพื่อนบ้านในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้มาร่วมด้วย ซึ่งจัดโดย สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ, และผสมผสานด้วยการประชุมใหญ่สามัญสมาคมฟิสิกส์ไทย ประจำปี 2549 SPC 2007 นี้ประกอบด้วยผู้เข้าร่วมสัมมนาจำนวน 237 ท่าน และมีการเสนอผลงานจำนวน 160 เรื่อง (โปรดดูภาพหน้าที่หน้า 2)

SPC 2007 ที่ชาวฟิสิกส์ไทยทั้งยุทธจักรต่างรอคอยการพบปะอันเข้มข้นนี้ ไม่ได้เริ่มต้นในวันที่ 22 มิ.ค. เท่านั้น แต่ผ่าน

สรุปข่าว



การประชุม พบปะ วางแผน และเตรียมงานมานาน ในวันและคืนที่ 20-21 มี.ค. สด้าฟบางส่วนก็เริ่มอดหลับอดนอน เตรียมทั้งงานใหญ่ และงานละเอียดจุจกเล็กน้อยที่อาจเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาตามความเหมาะสม เพื่อให้งานสัมมนาออกมาพร้อมมูลที่สุด มีเหตุการณ์ที่น่าชื่นใจในบ่ายวันที่ 21 มี.ค. เมื่อคณะกรรมการจัดงาน อาทิ ผศ.ดร.ขจรยศ อยู่ดี หัวหน้าภาควิชาฟิสิกส์ จุฬาฯ (พ่องาน), อ.ดร.ศุภฤติ สุวรรณขจร เลขาธิการสมาคมฟิสิกส์ไทย (แม่งาน), สด้าฟจากสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ, สด้าฟจัดงาน, นักศึกษา อาสาสมัคร, และผู้ร่วมสัมมนาหลายท่านมาถึง ก็ได้ช่วยกัน อาสาระดมแรงงานคนละไม้คนละมือ (หน้าที่ของพวกมดงาน) จัดเตรียมสถานที่ บอร์ดโปสเตอร์ บรรจุเอกสารงานสัมมนาใส่ กระเป๋าแจกจ่าย ร่วมกันปิด “โรงงานนรก” ได้อย่างสมบูรณ์รวดเร็ว เกินคาดหมาย อ.ดร.ศุภฤติ ได้กล่าวขึ้นตอนหนึ่งที่ทำให้หายเหนื่อย ว่า “มีสมาคมฟิสิกส์ไทยนี่ดีนะ จะได้มีความสัมพันธ์กัน”

ท่ามกลางบรรยากาศร่มรื่นของเรือสวน และแม่น้ำท่าจีน ที่ไหลตามลำแม่น้ำลงสู่ทะเลในตอนกลางวัน และไหลทวนขึ้น แม่น้ำในตอนเช้าและเย็นค่ำ อันเนื่องมาจากน้ำทะเลหนุน เราจะเห็น กอสะพัดคบขวาลไหลเรียงแถวขึ้นลงราวกับขบวนผู้อพยพตาม ลำน้ำ การสัมมนาที่แท้จริง ไม่ได้มีแต่ในห้องประชุมเท่านั้น เพราะนับตั้งแต่ที่งานสัมมนาเริ่มต้นขึ้นในตอนเช้า 8:00 น. ของ วันที่ 22 มี.ค. ด้วยบรรยากาศการลงทะเลเบียน ที่ทุกคนก็มีเรื่องคุย ไม่สิ้นสุด ทั้งก่อนเข้าห้องพิธีเปิด ทุก break ทุกพักเที่ยง และทุกค่ำ อีกหลายท่านก็ยังคงนั่งสนทนาวิสาสะกันอย่างไม่รู้จบจนถึง หลังเที่ยงคืน ทั้งนี้เพราะชุมชนฟิสิกส์ไทยทั่วประเทศเมื่อมา รวมตัวกัน ก็พบว่าชุมชนนี้แคบกว่าที่คิด ก็เพราะเป็นเครือข่าย ความสัมพันธ์อันดี คุศิษฐ์ รุ่นพี่รุ่นน้อง เพื่อนมิตร หรือแม้แต่ ญาติมิตร คู่แข่งขัน ขว้ตรงข้าม เพื่อนร่วมงาน เพื่อนของครู

เพื่อนของเพื่อน ฯลฯ และทุกความสัมพันธ์ดำเนินไปพร้อมๆ กัน บางคนแม้ไม่ได้เคยเห็นหน้าค่าตาก่อน แต่ได้ยื่นชื่อและนับถือกัน มานาน ก็ได้มารู้จักกัน เรียกว่า “ต่างคนก็ต่างเป็นกาที่หนึ่งกันทั้งนั้น”

หลังพิธีเปิดสั้นๆ แต่มีสาระ ตามนิสัชชาฟิสิกส์ บรรยาภาควิชาการก็เริ่มต้นขึ้นด้วย Plenary Lecture ในเรื่อง “Verifying Defect Structures by First Principles Calculations” ของ ศ. ดร. ชูกิจ ลิมปิจันทร์ ที่ทรงพลังและให้แรงบันดาลใจ และ คำถามอันเฉียบคมของ ศ.ดร. วิรุพห์ สายคณิตผู้ดำเนินรายการ การ สัมมนาในแต่ละวันจะแบ่งหัวข้อวิจัยออกเป็น session ย่อยๆ ซึ่งแต่ละ session จะจัดในห้องสัมมนาย่อยๆ ภายในตัวตึกเดียวกันอีก 3 – 4 ห้อง โดยผู้เข้าร่วมสัมมนาพลัดเปลี่ยนหมุนเวียนเข้าฟังสัมมนา ตามความสนใจ session ต่างๆ จัดแบ่งไปตามหัวข้อดังนี้: Accelerators and Synchrotron Radiation, Astronomy and Astrophysics (THAM 2007), Biological Physics, Computational Physics, Condensed Matter and Material Physics, Educational and General Physics, Ion and Plasma Physics, Industrial and Applied Physics, Instrumentation and Measurements, Nano-Physics and Nanotechnology, Nuclear and Radiation Physics; Surface, Interface, and Thin Films โดยในแต่ละ session จะมี chairperson เป็นผู้ดำเนินรายการและมีสด้าฟช่วยควบคุมเวลา และเริ่มต้น นำเสนอโดย invited speaker ซึ่งเป็นนักวิจัยที่โดดเด่นในสาขานั้นๆ เป็นคนพูดสัมมนาก่อน หลังจากนั้นก็จะเป็นการนำเสนอผลงาน ของผู้เข้าร่วมสัมมนาซึ่งมีทั้งคณาจารย์ นักวิจัย และนักศึกษาระดับ บัณฑิตศึกษา การสัมมนาส่วนใหญ่เป็นภาษาอังกฤษ ซึ่งเป็นภาษา การวิจัยในระดับสากล อาจคิดเสียว่าเป็นการมาฝึกซ้อมก่อนไป สนามอินเตอร์หรือเป็นการถือโอกาสเคาะสนิมแต่บางครั้งถ้าคิดจัด จะใช้ภาษาไทยบ้างก็ได้ ดำรงจไม่จบ บทความรายงานผลงานของ

สรุปข่าว



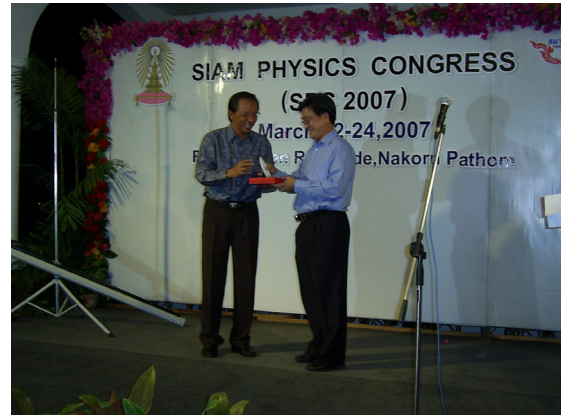
สรุปข่าว



ผู้ให้สัมมนาแต่ละคนจะมีการตรวจสอบและจัดรวบรวมตีพิมพ์เป็น proceeding ของการประชุมที่มีมาตรฐานและคุณภาพสูง ที่สามารถนำไปขอผลงานและอ้างอิงทางวิชาการได้ (ดูของ SPC2006 เป็นตัวอย่าง)

ที่ถือเป็นโบนัสสำหรับปีนี้คือการได้มีโอกาสพบปะกับบุคคลของวงการฟิสิกส์ไทยท่านหนึ่งอีกครั้งหลังจากไม่ได้พบท่านอาจารย์นานแล้วคือ **ศาสตราจารย์ ดร. ระวีภาวิไล นักฟิสิกส์คนแรก** ที่ได้รับการยกย่องเชิดชูให้เป็นศิลปินแห่งชาติ (สาขาวรรณศิลป์ ประจำปี 2549) ยังซาบซึ้งตรึงใจในผลงานเรื่อง “ปีกหัก” ของอาจารย์อยู่เลยครับ

ในบ่ายวันที่ 23 มิ.ค. ภายหลังสัมมนาเวลา 15:30-16:15 น. ก็มี special invited lecture เรื่อง **“Was Einstein Right?”** โดย Dr. Michael Kramer (นามสกุลคุ้นๆ) ซึ่งมีผู้เข้าฟังล้นหลามเพราะเป็นหัวข้อน่าสนใจ และเหนือกว่าคาดหมายก็ได้รับชม Dr. Kramer บรรยายอย่างทรงพลังในเรื่อง ประวัติการทดสอบทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไป และงานวิจัยของ Dr. Kramer เองที่นำเสนอการทดสอบทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไปด้วยการสังเกตการณ์ pulsars ด้วยเนื้อหาที่เตรียมมาอย่างละเอียด ร่ารวย และใช้สื่อให้เห็นทั้งภาพและเสียง (คือ ภาพแบบจำลอง pulsar และ การแปลงสัญญาณจาก pulsar ในรูปเสียงให้ฟังกัน) หลังจากนั้นเวลา 16:15-17:00 น. ก็มีการประชุม “SEAN Meeting Round Table Discussion & Meeting Summary” ของสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ และต่อจากนั้นเวลา 17:00-17:45 น. ก็มีการประชุมใหญ่สามัญสมาคมฟิสิกส์ไทย ประจำปี 2549 ได้มีการแถลงผลการดำเนินงานในรอบปี 2549, แถลงงบบุคลากร, และประกาศผลการเลือกตั้งนายกสมาคมฟิสิกส์ไทย ซึ่งยังคงได้ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.กฤษณ์ วัลย์ทอง นายกสมาคมสมัยที่ผ่านมาเป็นนายกต่ออีกสมัย ในคราวเดียวกันนี้ก็ได้ถือโอกาสปรึกษาหารือกันถึงวารสารฟิสิกส์ไทยด้วย ซึ่งกองบรรณาธิการอยากใหแวดวงฟิสิกส์ไทยได้ร่วมเขียนร่วมวิจารณ์ ช่วยกันสื่อสารมากกว่านี้



งานเลี้ยงในคืนวันที่ 23 มิ.ค. เป็นงานเลี้ยงใหญ่ของชุมชนฟิสิกส์ไทย มีการมอบรางวัลเกียรติยศ แก่ ศ.ดร.ทวี ดันฉศิริ นักฟิสิกส์อาวุโสผู้เป็นที่รักและนับถือของลูกศิษย์ลูกหามากมายและแก่สองศาสตราจารย์ใหม่ถอดด้ามคือ ศ.ดร.ชูกิจ ลิมปิจำนงค์, และ ศ.ดร. เดวิด รูฟโฟโล ภายหลังพิธีก็มีการแสดงกับการร้องเพลงอย่างสนุกสนาน มีนักร้องนักแสดงตั้งแต่นายกสมาคมคณาจารย์ นักศึกษา จนถึง บุตรหลานตัวน้อยๆ ของนักฟิสิกส์ไทย ตอนจบงานเลี้ยง นายกสมาคมฯ ศ.ดร.กฤษณ์ ได้เข้ามาอยู่ท่ามกลางวงล้อมของนักฟิสิกส์รุ่นใหม่ที่อยู่จนงานเลี้ยงเลิก กล่าว “ปราศรัย” ที่จุดแรงบันดาลใจ เสริมความมั่นใจ และกระตุ้นความท้าทายแก่ทุกคนอย่างมาก นายกสมาคมได้เล่าตัวอย่างการประสบความสำเร็จในการทำงานฟิสิกส์ ซึ่งสรุป “วงการฟิสิกส์” ได้ด้วยใจความว่า “สนามฟิสิกส์โหดที่สุด เพราะ basic ที่สุด แข่งขันมากที่สุด แต่แฟร์ที่สุด” หลังจากนั้น ยังมีคณาจารย์ผู้ใหญ่ นักฟิสิกส์และนักศึกษา กลุ่มใหญ่ ยังคงจับกลุ่มคุยสนทนาวิสาสะกันในทุกเรื่อง ตั้งแต่ฟิสิกส์จนถึงชีวิต ในห้องโถงรับแขก (ล็อบบี้) ของโรงแรมจนล่วงเข้าตีสาม

ในตอนเที่ยงวันเสาร์ที่ 24 มิ.ค. 2550 จนถึงวินาทีสุดท้ายของการสัมมนาในระหว่างที่ผู้ร่วมสัมมนาแต่ละรายต้องทยอยแยกย้ายกันเดินทางกลับ การสัมมนาก็จบลงด้วยการคุยกันไม่สิ้นสุด เช่นเดียวกับจุดเริ่มต้น

Siam Physics Congress 2008 ปีหน้าได้หนึ่งในคณะเจ้าภาพแล้ว คือ ศูนย์ปฏิบัติการวิจัยเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอนแห่งชาติ ขอให้เจ้าภาพจงเจริญ! ส่วนจะใช้สถานที่ใดนั้น ก็แล้วแต่ท่านเจ้าภาพจะกรุณาจัดให้ (ผู้สื่อข่าวจำเป็นขอขอบคุณกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่สนับสนุนปัจจัยในการไปทำภารกิจครั้งนี้)



รายงานโดย ชาญกิต กันล่อง

สาส์นจากนายกสมาคมฯ



สวัสดิ์ครับเพื่อนสมาชิกและผู้รักและสนใจฟิสิกส์ทุกท่าน

ก่อนอื่นผมขอขอบคุณเพื่อนสมาชิก ที่ได้กรุณามอบความไว้วางใจให้ผมได้ทำหน้าที่นายกสมาคมฟิสิกส์ไทยอีกสมัยหนึ่งเป็นสมัยที่สอง ผมมีความยินดีที่จะแจ้งให้ท่านทราบว่า ณ ปัจจุบันนี้สมาชิกของสมาคมฯ ได้เพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าจากจำนวนสมาชิกที่มีอยู่ ตอนผมเริ่มเข้ามาทำหน้าที่รักษาการนายกสมาคมฯเมื่อปี พ.ศ. 2547 ขณะนี้เรามีสมาชิกจำนวนทั้งสิ้น 741 คน คณะกรรมการสมาคมฯชุดที่แล้วได้ร่วมแรงร่วมใจกัน ผลักดันงานของสมาคมฯจนบรรลุผลเป็นที่น่าพอใจยิ่ง การจัดประชุมวิชาการ SIAM PHYSICS CONGRESS ครั้งแรกเมื่อเดือนมีนาคม พ.ศ. 2549 ร่วมกับมหาวิทยาลัยบูรพาที่บางแสน มีผู้เข้าร่วมประชุมร้อยละกว่าคน ในขณะที่ SIAM PHYSICS CONGRESS 2007 ที่จัดร่วมกับจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่สวนสามพรานมีผู้เข้าร่วมประชุมสองร้อยกว่าคน ผมหวังว่า SIAM PHYSICS CONGRESS 2008 ที่เขาใหญ่จะเนืองแน่นไปด้วยพวกเราชาวฟิสิกส์ ผมขอถือโอกาสขอบคุณกรรมการสมาคมฯทุกท่านที่ได้กรุณาสละเวลาอันมีค่ามาช่วยงานสมาคมฯ หลายท่านมีภาระกิจอื่นที่ต้องดูแลอย่างใกล้ชิดจึงต้องขอให้สมาชิกท่านอื่น ๆ ผลัดกันมาทำงานให้สมาคมฯ แต่กรรมการส่วนใหญ่ก็ยังอยู่ช่วยงานกันต่อไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งรองศาสตราจารย์ ดร. สมสร สิงขรัตน์ ยังเป็นบรรณาธิการ “วารสารฟิสิกส์ไทย” อยู่กับพวกเราอีกหนึ่งสมัย

ในช่วงเวลาต่อจากนี้ไป ฟิสิกส์จะเข้ามามีบทบาทอย่างสำคัญในการแก้ปัญหาของประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับพลังงานและอุตสาหกรรมใหม่ ซึ่งต้องอาศัยงานวิจัยพื้นฐานระดับเปิดแดนทางฟิสิกส์เป็นพลวกำเนิด เราในฐานะที่เป็นมันสมองส่วนหนึ่งของประเทศ จะรับมือกับความท้าทายแห่งทศวรรษใหม่นี้ได้อย่างไร? ในขณะที่การเรียนการสอนฟิสิกส์ทั้งในระดับโรงเรียนมัธยมและในมหาวิทยาลัยกำลังอยู่ในสภาวะตกต่ำอย่างน่าใจหาย อีกทั้งงานวิจัยพื้นฐานเชิงปฏิบัติการขาดการดูแลเอาใจใส่อย่างเป็นระบบจากผู้บริหารระดับสูง

ปัญหาที่ท้าทายสังคมฟิสิกส์ไทยในขณะนี้ คือ การปฏิรูปการวิจัยพื้นฐานและการเรียนการสอนทางฟิสิกส์ให้มีคุณภาพสูงสุดเพื่อการพึ่งตนเองของประเทศในอนาคต

ผมและคณะกรรมการสมาคมฯ หวังในความร่วมมือจากท่านทั้งหลายที่จะได้ช่วยกันปฏิรูปการเรียนการสอนและการวิจัยฟิสิกส์ไทยให้ไม่น้อยหน้าใครในนานาอารยประเทศ

ด้วยความปรารถนาดียิ่ง

(ศาสตราจารย์ เกียรติคุณ ดร. ธีรพัฒน์ วัลย์ทอง)

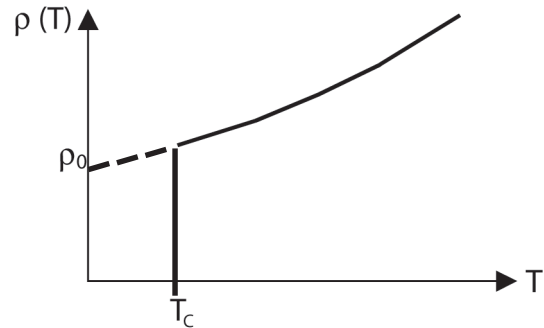
ตัวนำยิ่งยวด

พวงรัตน์ ไพเราะ*

ตอนที่ 1 สมบัติสำคัญของตัวนำยิ่งยวด

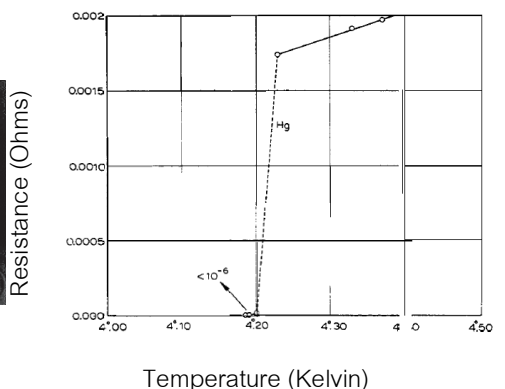
เมื่อเรานำโลหะมาวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าที่อุณหภูมิต่าง ๆ เราจะพบว่า ความต้านทานมีค่าลดลงตามอุณหภูมิ ความต้านทานไฟฟ้าของโลหะเกิดมาจากการที่พาหะในการนำไฟฟ้า เช่น อิเล็กตรอน ในโลหะ เคลื่อนที่ชนกับสิ่งต่าง ๆ ภายในโลหะ ซึ่งได้แก่ อิเล็กตรอนด้วยกันเอง, สิ่งเจือปนหรือความไม่สมบูรณ์ในโลหะ, ชนกับการสั่นของแกนไอออนบวกที่เป็นโครงสร้างผลึกของโลหะ ในทางฟิสิกส์ ศึกษาการสั่นนี้ด้วยกลศาสตร์ควอนตัม และเรียกการสั่นเชิงควอนตัมนี้ว่า โฟนอน การชนเหล่านี้มีความสำคัญไม่เท่ากัน และทำให้ความต้านทานขึ้นกับอุณหภูมิในลักษณะที่ต่างกันไปด้วย เช่น เมื่ออุณหภูมิมีค่าต่ำ ๆ อุณหภูมิห้องหรือสูงกว่า การชนกับโฟนอนจะมีอิทธิพลมากที่สุดและทำให้ความต้านทานขึ้นกับอุณหภูมิอย่างเชิงเส้น แต่เมื่ออุณหภูมิต่ำลง ผลของการชนกับโฟนอนจะมีอิทธิพลน้อยลง ในขณะที่การชนกับอิเล็กตรอนด้วยกันเองและการชนกับสิ่งเจือปนหรือความบกพร่องอื่น ๆ จะมีอิทธิพลมากขึ้น โดยที่ การชนกับโฟนอนจะมีผลให้ความต้านทานขึ้นกับอุณหภูมิกำลังห้า, ส่วนการชนกับอิเล็กตรอนด้วยกันเองทำให้ความต้านทานขึ้นกับอุณหภูมิกำลังสอง, และการชนกับสิ่งเจือปนหรือความบกพร่องอื่น ๆ จะเป็นค่าคงที่ ซึ่งที่อุณหภูมิต่ำ ๆ นี้ ผลที่มีต่อความต้านทานโดยรวมก็คือผลรวมที่เกิดจากแต่ละอิทธิพลดังกล่าว (ดูรูปที่ 1 ประกอบ) และจากผลของสิ่งเหล่านี้เห็นได้ว่า โลหะควรจะมีค่าความต้านทานเป็นศูนย์ได้ต่อเมื่อ มันมีความบริสุทธิ์หนึ่งร้อยเปอร์เซ็นต์ และอยู่ที่อุณหภูมิศูนย์เคลวินเท่านั้น

เมื่อ 96 ปีที่แล้ว ในปี ค.ศ.1911 ที่ห้องทดลองของท่านคาเมอร์ลิงห์-โอนเนส (Heike Kamerlingh-Onnes) นักฟิสิกส์ชาวเนเธอร์แลนด์ ท่านได้ค้นพบสิ่งที่ไม่เคยคิดมาก่อน คือ ท่านได้ทดลองวัดค่าความต้านทานของปรอทที่อุณหภูมิต่าง ๆ โดยเริ่มวัดจากอุณหภูมิห้องแล้วลดค่าลงจนมีอุณหภูมิต่ำ ๆ 4 เคลวิน (อุณหภูมิจากฮีเลียมเหลว ซึ่งห้องทดลองของท่านเป็นแห่งแรก ๆ ที่สามารถทำให้ก๊าซฮีเลียมกลายเป็นของเหลวได้) และได้พบว่า



รูปที่ 1 แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสภาพต้านทานของโลหะ ρ ที่กลายเป็นตัวนำยิ่งยวดที่อุณหภูมิวิกฤต (T_C) ถ้าโลหะนี้ไม่กลายเป็นตัวนำยิ่งยวด สภาพต้านทานจะมีลักษณะตามเส้นประเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิวิกฤต [$\rho(T) = \rho_0 + aT^2 + bT^5$ โดย ρ_0, a, b เป็นค่าคงที่ที่ไม่ขึ้นกับอุณหภูมิ]

ความต้านทานของปรอทไม่ได้ขึ้นกับอุณหภูมิอย่างที่คาดไว้ สิ่งที่เห็นก็คือ ค่าความต้านทานของปรอทเป็นไปตามทฤษฎีที่อุณหภูมิสูงกว่า 4.2 เคลวิน แต่ที่อุณหภูมิต่ำกว่านี้ท่านพบว่าความต้านทานของมันมีค่ากลายเป็นศูนย์อย่างฉับพลัน (ดูรูปที่ 2) เมื่อท่านได้ตรวจสอบถึง

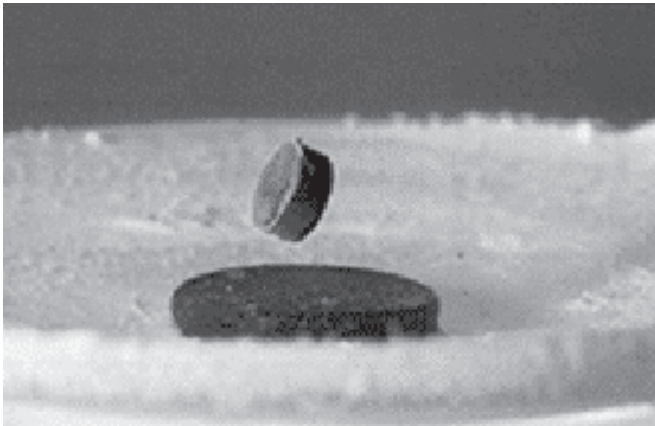


รูปที่ 2 รูปซ้าย เป็นรูปของท่านคาเมอร์ลิงห์-โอนเนส ผู้ค้นพบสภาพตัวนำยิ่งยวด ท่านได้รับรางวัลโนเบลจากการค้นพบที่สำคัญนี้ ในปี ค.ศ. 1913 (เพียงสองปีหลังจากการค้นพบ) รูปขวาเป็นรูปแสดงกราฟความต้านทานที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของปรอท จะเห็นว่าความต้านทานมีค่าลดลงอย่างกะทันหันที่อุณหภูมิประมาณ 4.2 เคลวิน

(จาก http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1913)

* ผู้ช่วยศาสตราจารย์ (ดร.) แห่งสาขาวิชาฟิสิกส์ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จ.นครราชสีมา

เรื่องเด่นประจำฉบับ



รูปที่ 3 แท่งแม่เหล็กลอยอยู่เหนือตัวนำยิ่งยวด เนื่องจากปรากฏการณ์ไมซ์เนอร์-ออกเซนเฟลด์ (ดูภาพสีที่ปกหน้า)

(จาก <http://www.physics.ubc.ca/~supercon/research.html>)

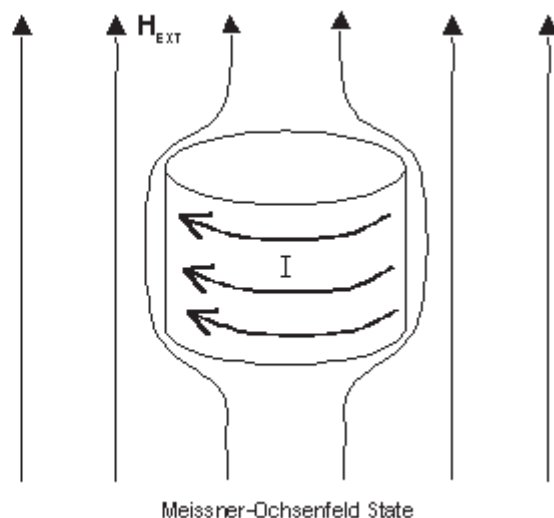
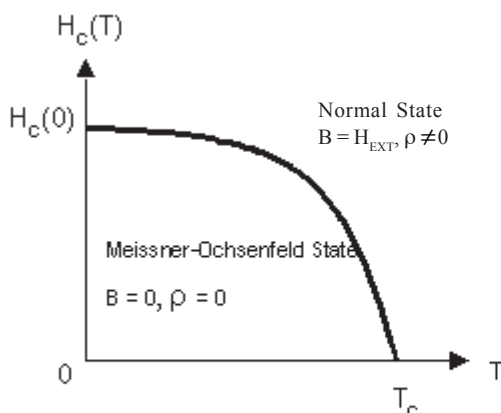
การค้นพบนี้ครั้งแล้วครั้งเล่าจนแน่ใจว่าเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นจริง ๆ ท่านก็สรุปว่า ได้พบสถานะใหม่ของโลหะที่สามารถนำไฟฟ้าได้ โดยไม่มีความต้านทาน ท่านเรียกสถานะนี้ว่า ตัวนำยิ่งยวด (superconductor) และเรียกอุณหภูมิที่โลหะกลายเป็นตัวนำยิ่งยวดนี้ว่าอุณหภูมิวิกฤต (T_c)

แม้ว่าสมบัติการนำไฟฟ้าอย่างสมบูรณ์แบบนี้จะเป็นสมบัติแรกที่ถูกค้นพบของตัวนำยิ่งยวด แต่สำหรับนักฟิสิกส์แล้ว เราทราบว่ามันไม่ใช่สมบัติที่นิยามสภาพตัวนำยิ่งยวดอย่างแท้จริง เพราะเราทราบว่าไม่ได้มีแต่ตัวนำยิ่งยวดเท่านั้นที่มีความต้านทาน

เป็นศูนย์ได้ โลหะที่มีความบริสุทธิ์ก็มีความต้านทานเป็นศูนย์ได้ ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว สมบัติที่เป็นนิยามของตัวนำยิ่งยวดอย่างแท้จริงก็คือ การที่สามารถผลักสนามแม่เหล็กออกจากตัวของมันได้อย่างสมบูรณ์

เมื่อนำโลหะที่กลายเป็นตัวนำยิ่งยวดได้มาวางใกล้กับแท่งแม่เหล็กที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิวิกฤต โลหะจะยอมให้สนามแม่เหล็กจากแท่งแม่เหล็กทะลุผ่านเนื้อของมันได้ แต่เมื่อลดอุณหภูมิลงจนต่ำกว่าอุณหภูมิวิกฤต โลหะจะกลายเป็นตัวนำยิ่งยวด และมันจะผลักสนามแม่เหล็กออกจากภายในเนื้อของมัน โดยการสร้างกระแสไฟฟ้าวิ่งที่บริเวณผิวของมันขึ้นเอง ในลักษณะที่สร้างสนามแม่เหล็กเหนี่ยวนำหักล้างพอดีกับสนามภายนอก (ดูรูปที่ 3) สมบัตินี้ของตัวนำยิ่งยวดค้นพบโดยนักฟิสิกส์ชาวเยอรมันสองท่านคือ วอลเตอร์ ไมซ์เนอร์ (Walter Meissner) กับ โรเบิร์ต ออกเซนเฟลด์ (Robert Ochsenfeld) ในปี ค.ศ. 1933 เราจึงเรียกสมบัตินี้ชื่อหนึ่งว่า ปรากฏการณ์ไมซ์เนอร์-ออกเซนเฟลด์ (Meissner-Ochsenfeld effect) เพื่อให้เกียรติแก่ท่านทั้งสอง

สมบัตินี้ถือว่าเป็นสมบัติที่มีความเฉพาะตัวมาก เนื่องจากว่าสารโดยทั่วไปแล้วจะยอมให้สนามแม่เหล็กผ่านในเนื้อ แม้ว่าจะมีสารบางประเภทที่ผลักสนามแม่เหล็กออกจากตัวบ้าง แต่ก็ไม่มีสารชนิดใดที่สามารถผลักสนามแม่เหล็กออกไปได้อย่างสมบูรณ์เหมือนกับตัวนำยิ่งยวด



รูปที่ 4 รูปซ้าย แสดงโคเออร์แกนสถานะของตัวนำยิ่งยวดชนิดที่ 1 เส้นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสนามวิกฤตที่อุณหภูมิต่างๆ จะเห็นว่าสนามวิกฤตมีค่าเป็นศูนย์ที่ T_c (ไม่จำเป็นต้องใส่สนามแม่เหล็กในระบบก็อยู่ในสภาพปกติอยู่แล้ว) รูปขวา แสดงลักษณะของตัวนำยิ่งยวดในสถานะไมซ์เนอร์-ออกเซนเฟลด์ ซึ่งมีกระแสไหลที่ผิว

เรื่องเด่นประจำฉบับ

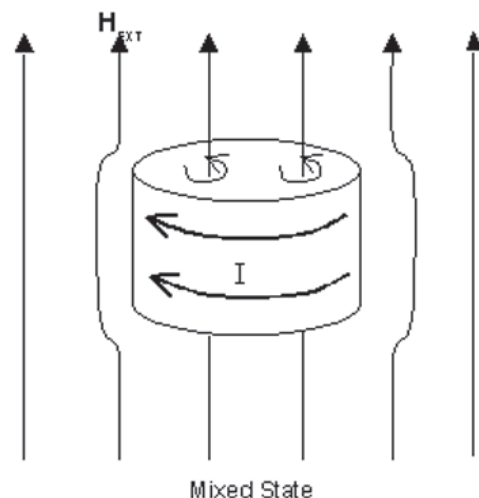
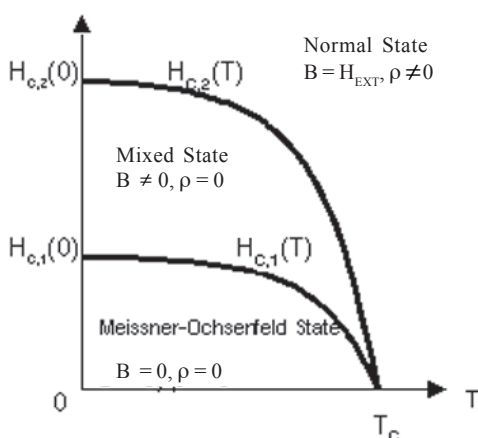
การค้นพบสมบัตินี้เป็นสิ่งยืนยันว่า การกลายเป็นตัวนำยิ่งยวดนั้นเป็นการเปลี่ยนสถานะของโลหะจากสถานะที่มีพลังงานสูงกว่า (โลหะ) เป็นสถานะที่มีพลังงานต่ำกว่า (ตัวนำยิ่งยวด) เพราะเราสามารถทำลายสถานะนี้ด้วยการเพิ่มขนาดความเข้มของสนามแม่เหล็กจนถึงค่าวิกฤตค่าหนึ่ง (H_C) ซึ่งเมื่อสนามมีค่าความเข้มสูงกว่าค่าวิกฤตนี้ความเป็นตัวนำยิ่งยวดก็จะถูกทำลายกลายเป็นโลหะธรรมดาได้แม้ว่าจะอยู่ที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิวิกฤต ในทางเทอร์โมไดนามิกส์ สามารถสรุปได้ว่า ค่าความหนาแน่นพลังงานของสถานะที่เป็นโลหะ (f_N) มีค่าสูงกว่าความหนาแน่นพลังงานของสถานะที่เป็นตัวนำยิ่งยวด (f_S) โดยมีความแตกต่างเป็นปริมาณเท่ากับขนาดความหนาแน่นพลังงานของสนามแม่เหล็กที่มีความเข้มขนาด H_C แสดงด้วยสมการ $f_N - f_S = H_C^2(T)/8\pi$ โดยที่เทอมด้านขวาของสมการ คือ ความหนาแน่นพลังงานของสนามแม่เหล็กที่มีขนาด H_C นั้นเอง สังเกตว่าค่าสนามแม่เหล็กวิกฤตนี้มีค่าขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ (ที่อุณหภูมิวิกฤต ค่าสนามวิกฤตนี้มีค่าเป็นศูนย์ คือ ไม่จำเป็นต้องใส่สนามแม่เหล็กเข้าไปทำลายสถานะตัวนำยิ่งยวด ตัวนำยิ่งยวดก็กลายเป็นโลหะธรรมดาได้เอง และที่อุณหภูมิศูนย์เคลวิน ค่าสนามแม่เหล็กวิกฤตที่ใช้ทำลายสถานะตัวนำยิ่งยวดจะมีค่าสูงสุด)

จากค่าสนามแม่เหล็กวิกฤตเราสามารถแบ่งตัวนำยิ่งยวดออกได้เป็น 2 ชนิด คือ ชนิดที่ 1 (Type I Superconductors) เป็นตัวนำยิ่งยวดที่มีค่าสนามแม่เหล็กวิกฤตค่าเดียวซึ่งขึ้นกับอุณหภูมิ ดังแสดงในรูปที่ 4 จะเห็นได้ว่าตัวนำยิ่งยวดประเภทนี้ แสดง

ความสามารถในการผลักสนามแม่เหล็กได้อย่างสมบูรณ์ เมื่ออยู่ในสนามแม่เหล็กที่มีความเข้มต่ำกว่าค่าวิกฤต ซึ่งเราเรียกสถานะนี้ว่าสถานะไมซ์เนอร์-ออกเซนเฟลด์ และเมื่อสนามแม่เหล็กมีความเข้มสูงกว่ามันก็จะกลายเป็นโลหะ

ตัวนำยิ่งยวดชนิดที่ 2 (Type II Superconductors)

นอกจากจะมีสถานะไมซ์เนอร์-ออกเซนเฟลด์ ซึ่งเกิดเมื่อสนามแม่เหล็กมีความเข้มต่ำกว่าค่าวิกฤตที่ 1 (H_{C1}) แล้ว เมื่อความเข้มสนามมีค่าสูงกว่า H_{C1} ตัวนำยิ่งยวดชนิดนี้จะไม่กลายเป็นโลหะ แต่จะกลายเป็นสถานะใหม่ เรียกว่า สถานะผสม (Mixed State) ก่อน สถานะนี้แสดงปรากฏการณ์ไมซ์เนอร์-ออกเซนเฟลด์ที่ไม่สมบูรณ์ สนามแม่เหล็กในเนื้อของตัวนำยิ่งยวดไม่ได้ถูกผลักออกไปทั้งหมด แต่ถูกผลักออกบางส่วนเนื่องจากตัวนำยิ่งยวดชนิดนี้มีกระแสไฟฟ้าวิ่งอยู่ที่ผิวของตัวนำยิ่งยวด ที่สามารถสร้างสนามแม่เหล็กด้านสนามภายนอกได้ แต่ไม่สมบูรณ์ นอกจากกระแสที่วิ่งที่ผิวนี้ ภายในเนื้อของมันก็มี กระแสวน ซึ่งสร้างสนามแม่เหล็กในทิศทางเดียวกับสนามภายนอก (ดูรูปที่ 5) โดยที่ฟลักซ์สนามแม่เหล็กจากแต่ละกระแสวนนี้มีค่าเฉพาะค่าหนึ่งเท่านั้น เรียกว่าค่าควอนตัมฟลักซ์แม่เหล็กพื้นฐาน (Elementary flux quantum) $\Phi_0 = hc/2e = 2.07 \times 10^{-7}$ เกาส์-เซนติเมตร² (h คือค่าคงที่ของพลังค์, c คืออัตราเร็วแสง, e คือขนาดของประจุของอิเล็กตรอน) สถานะผสมนี้จะมีทั้งบริเวณที่ยังเป็นตัวนำยิ่งยวด คือ (ก) บริเวณที่ไม่มีกระแสวน และ (ข) บริเวณที่เป็นโลหะ คือ บริเวณที่อยู่ภายใน



รูปที่ 5 รูปซ้าย แสดงไดอะแกรมสถานะของตัวนำยิ่งยวดชนิดที่ 2 จะเห็นได้ว่าตัวนำยิ่งยวดชนิดนี้มีสถานะต่างกัน 3 สถานะตามเงื่อนไขค่าสนามแม่เหล็กวิกฤตและอุณหภูมิ คือ สถานะไมซ์เนอร์-ออกเซนเฟลด์, สถานะผสม, และสถานะปกติ รูปขวา แสดงลักษณะของตัวนำยิ่งยวดในสถานะผสมซึ่งมี กระแสวนอยู่ภายในเนื้อ

เส้นใยนาโน...

สันติ แม้นศิริ*



ตอนที่ 3 เส้นใยนาโนโดยอิเล็กโตรสปินนิงแบบใกล้สนาม และการวิจัยทางด้านเส้นใยนาโนและอิเล็กโตรสปินนิงในประเทศไทย

จากตอนที่ 1 (วารสารฟิสิกส์ไทยฉบับ มิ.ย. - ส.ค. 2549)

และ 2 (วารสารฟิสิกส์ไทยฉบับ ธ.ค. 2549 - ก.พ. 2550) ที่ผ่านมา ผู้เขียนได้อธิบายพื้นฐานอิเล็กโตรสปินนิงและการประยุกต์ใช้เส้นใยนาโนที่เตรียมด้วยเทคนิคอิเล็กโตรสปินนิง และในตอนที่ 3 ซึ่งเป็นตอนสุดท้ายของบทความชุดนี้ ผู้เขียนจะกล่าวถึงนวัตกรรมใหม่ทางด้านอิเล็กโตรสปินนิงคือ อิเล็กโตรสปินนิงแบบใกล้สนาม (Near-filed electrospinning, NFES) ซึ่งถือได้ว่าเป็น *break through* ของการวิจัยทางด้านอิเล็กโตรสปินนิงและเส้นใยนาโน ในตอนท้ายของบทความนี้จะกล่าวถึงความเคลื่อนไหว ความพร้อม และศักยภาพของประเทศไทย รวมถึงบทบาทของนักฟิสิกส์ไทยสำหรับการวิจัยด้านอิเล็กโตรสปินนิงเพื่อนำเส้นใยนาโนมาประยุกต์ใช้จริง สามารถสร้างคุณค่าทางวิชาการ ประโยชน์และรายได้ให้กับประเทศต่อไป

กระแสนวน อยู่ร่วมกัน สิ่งที่น่าสังเกตก็คือ สารทั้งก้อนก็ยังจะสามารถนำไฟฟ้าโดยยังไม่มีเส้นทางอยู่ได้ คือยังไม่ได้กลายเป็นโลหะทั้งก้อนนั่นเอง

นอกจากสมบัติที่ได้กล่าวไปแล้ว ตัวนำยิ่งยวดยังมีสมบัติอื่นทางฟิสิกส์ที่สำคัญอีกมากมาย แต่ที่จะขอกล่าวถึงในคราวนี้อีกอย่างหนึ่ง ก็คือ ปรากฏการณ์โจเซฟสัน ซึ่งได้ชื่อตามนักฟิสิกส์ทฤษฎี ไบรอัน โจเซฟสัน ที่ได้ทำนายถึงปรากฏการณ์นี้ในปี ค.ศ. 1962 (ท่านได้ทำนายถึงปรากฏการณ์นี้ในขณะที่ท่านกำลังทำวิทยานิพนธ์ปริญญาเอก) ปรากฏการณ์นี้เป็นปรากฏการณ์ที่แสดงให้เห็นผลของควอนตัมฟิสิกส์ในระดับมหภาค

โจเซฟสันได้ทำนายว่า เมื่อนำตัวนำยิ่งยวดสองตัวมาต่อกัน แม้ว่าจะไม่มีความต่างศักย์ตกคร่อมตัวนำยิ่งยวดทั้งสอง เราจะพบว่า จะมีกระแสไฟฟ้าไหลจากตัวนำยิ่งยวดตัวหนึ่งไปยังอีกตัวหนึ่งได้เนื่องจากความต่างเฟสทางควอนตัมของตัวนำยิ่งยวดทั้งสอง สถานะของตัวนำยิ่งยวดทั้งสองสามารถบรรยายได้ด้วยฟังก์ชันคลื่น (ψ) ซึ่งมีทั้งขนาด ($|\psi|$) และเฟส (ϕ) โดยที่ขนาดยกกำลังสองของฟังก์ชันคลื่นนี้ แปรผันตรงกับจำนวนอิเล็กตรอนในตัวนำยิ่งยวด ถ้าให้ $\psi_L = |\psi_L|e^{i\phi_L}$ คือ ฟังก์ชันคลื่นของตัวนำยิ่งยวดตัวที่อยู่ด้านซ้าย และ $\psi_R = |\psi_R|e^{i\phi_R}$ คือ ฟังก์ชันคลื่นของตัวนำยิ่งยวดตัวที่อยู่ด้านขวา แม้เมื่อไม่มีความต่างศักย์ตกคร่อม ก็จะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านรอยต่อ มีค่าเท่ากับ $I = I_0 \sin(\phi_R - \phi_L)$ โดยที่ I_0 คือค่าคงที่ที่เราเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า ปรากฏการณ์โจเซฟสันกระแสตรง (dc Josephson Effect) และเมื่อมีความต่างศักย์ตกคร่อม V จะมีกระแสที่มีลักษณะกวัดแกว่งขึ้นกับเวลาไหลผ่านรอยต่อ โดยที่ความถี่เชิงมุมของการกวัดแกว่งนี้มีค่าขึ้นกับความต่างศักย์ตกคร่อม นั่นคือ

$I = I_0 \sin[(2eV/\hbar)t + \phi_R - \phi_L]$ โดยที่ $\hbar$ คือค่าคงที่ของพลังค์หารด้วย 2π ปรากฏการณ์นี้ เราเรียกว่า ปรากฏการณ์โจเซฟสันกระแสสลับ (ac Josephson Effect) ปรากฏการณ์โจเซฟสันถูกนำไปประยุกต์ใช้ในการสร้างอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถวัดค่าสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีค่าต่ำมาก ๆ (เช่น ค่าขนาด 10^{-6} หรือ 10^{-9} เทสลา ได้) ซึ่งสนามแม่เหล็กที่มีค่าต่ำขนาดนี้เป็นสนามแม่เหล็กที่สิ่งมีชีวิตสร้างขึ้น

ในตอนหน้าเราจะเจาะเข้าไปดูว่ากลไกใดทำให้เกิดสภาพตัวนำยิ่งยวดในระดับจุลภาค



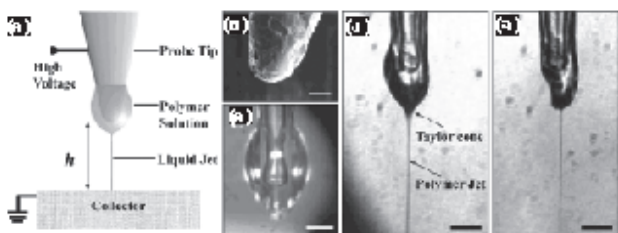
[เรื่องนี้เป็นต้นฉบับได้วางที่ <http://en.wikipedia.org/wiki/Superconductivity>]

Superconductivity]

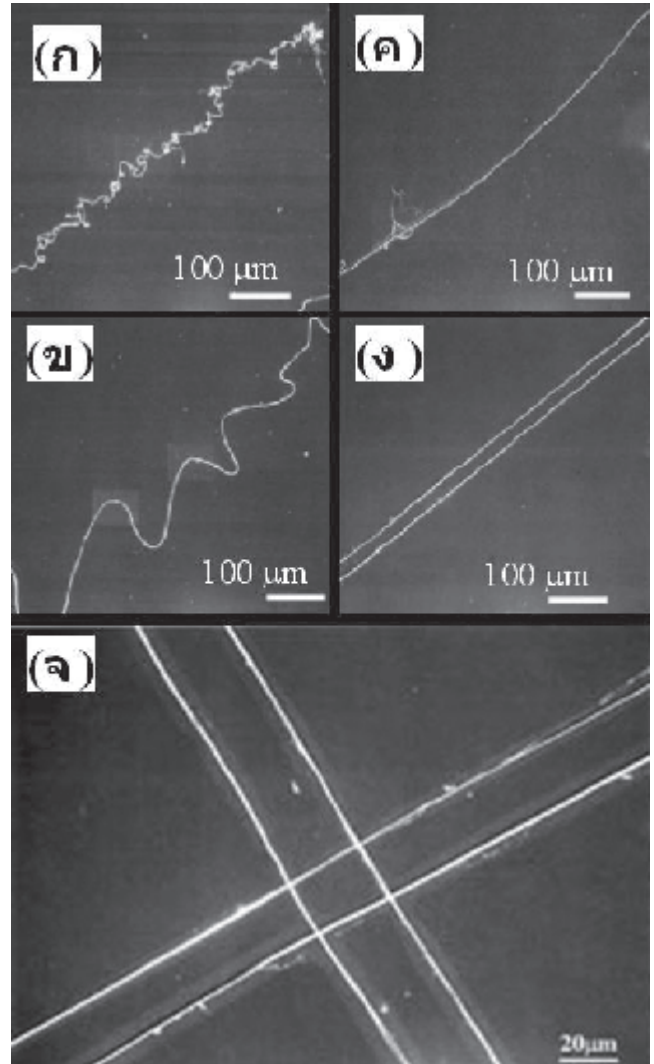
ฟิสิกส์ของวัสดุ

● อิเล็กโตรสปินนิ่งแบบใกล้สนาม เทคนิคอิเล็กโตรสปินนิ่งแบบใกล้สนามถูกรายงานขึ้นเป็นครั้งแรกโดย Sun และคณะ [1] แห่งมหาวิทยาลัย Xiamen ประเทศจีน งานวิจัยนี้เป็นการค้นพบนวัตกรรมใหม่ระดับ breakthrough ของการวิจัยทางด้านอิเล็กโตรสปินนิ่งเพื่อประดิษฐ์เส้นใยนาโนของแข็งในรูปแบบที่สามารถกระทำ/เขียนเป็นเส้นได้โดยตรง โดยเส้นใยมีความต่อเนื่อง และสามารถควบคุมการเกิด/จัดเรียงตัวของเส้นใยนาโนได้อย่างแม่นยำ เทคนิคนี้แตกต่างจากเทคนิคอิเล็กโตรสปินนิ่งแบบมาตรฐาน (ดั้งเดิม) ซึ่งเป็นกระบวนการที่เส้นใยนาโนเกิดขึ้นแบบสุ่มและไม่เป็นระเบียบ **รูปที่ 1** แสดงแผนภาพของเทคนิคอิเล็กโตรสปินนิ่งแบบใกล้สนาม

ในกระบวนการอิเล็กโตรสปินนิ่งแบบใกล้สนาม ปลายของทั้งสแตน (เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 25 ไมโครเมตร) ถูกใช้เป็นอิเล็กโตรดและจุ่มลงไปในสารละลายพอลิเมอร์เพื่อให้หยดของสารละลายพอลิเมอร์ติดอยู่ที่ปลายของทั้งสแตนซึ่งต่อเข้ากับส่วนของแหล่งกำเนิดศักย์ไฟฟ้ากำลังสูง (**รูปที่ 1ก**) เมื่อให้ศักย์ไฟฟ้ากำลังสูงที่ปลายของทั้งสแตน (**รูปที่ 1ข**) ซึ่งมีหยดของสารละลายพอลิเมอร์ติดอยู่ (**รูปที่ 1ค**) พบว่า หากสนามไฟฟ้ามีค่ามากพอที่จะทำให้เกิดแรงผลักรมากกว่าแรงดึงดูด จะส่งผลให้รูปร่างทรงกลมของสารละลายที่อยู่ปลายทั้งสแตนยืดออกเป็นรูปร่างทรงกรวยเรียกว่า **กรวยของเทเลอร์ (Taylor's cone)** และเมื่อสนามไฟฟ้าที่ให้กับระบบมีค่าเพิ่มสูงขึ้นจนกระทั่งถึงค่าวิกฤตค่าหนึ่งจะเกิดแรงขับเคลื่อนให้สารละลายพอลิเมอร์พุ่งออกมาเป็นลำ ซึ่งต่อมามีของสารละลายนี้จะยืดออกจนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กลงถึงระดับนาโนเมตร แล้วตกลงบนวัสดุรองรับที่สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างรวดเร็วทำให้ได้เส้นใยที่มีความต่อเนื่อง และสามารถควบคุมการเกิด/จัดเรียงตัวของเส้นใยนาโนได้อย่างแม่นยำ จะเห็นว่ากระบวนการที่เกิดขึ้นจะมีความคล้ายกับเทคนิคอิเล็กโตรสปินนิ่งแบบดั้งเดิม



รูปที่ 1 แผนภาพแสดงเทคนิคอิเล็กโตรสปินนิ่งแบบใกล้สนาม [1]

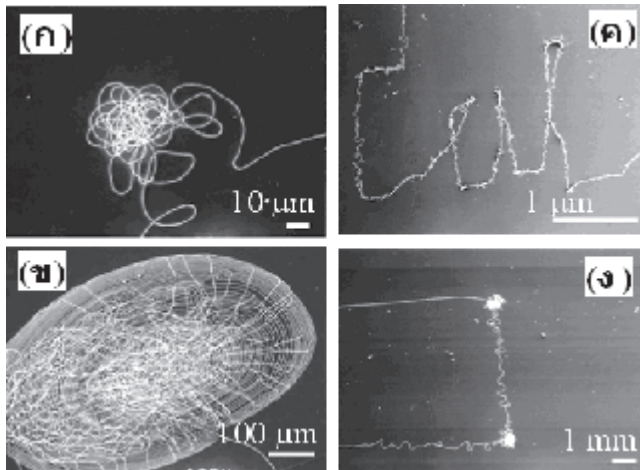


รูปที่ 2 แสดงเส้นใย polyethylene oxide, PEO (เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 300 นาโนเมตร) ประดิษฐ์ด้วยเทคนิคอิเล็กโตรสปินนิ่งแบบใกล้สนาม โดยเส้นใยรองรับบนแผ่นซิลิกอนและระบบรองรับเส้นใยเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วแตกต่างกัน: (ก) 5 เซนติเมตร/วินาที (ข) 10 เซนติเมตร/วินาที (ค) 15 เซนติเมตร/วินาที (ง) 20 เซนติเมตร/วินาที และ (จ) 25 เซนติเมตร/วินาที (เงื่อนไขการเตรียมคือ 1) ระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรดกับแผ่นรองรับเท่ากับ 1 มม. ศักย์ไฟฟ้ากำลังต่ำขนาด 1000 V และสารละลาย PEO 5 wt % [1]

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในตอน **ที่ 1** แต่ใช้ศักย์ไฟฟ้ากำลังต่ำขนาดประมาณ 600 โวลต์ เท่านั้น ต่างจากเทคนิคอิเล็กโตรสปินนิ่งแบบดั้งเดิมที่ต้องใช้ศักย์ไฟฟ้ากำลังสูงขนาด 10-50 กิโลโวลต์ ในกระบวนการประดิษฐ์เส้นใย

รูปที่ 2 แสดงเส้นใยของ polyethylene oxide, PEO (เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 300 นาโนเมตร) ประดิษฐ์ด้วยเทคนิค

ฟิสิกส์ของวัสดุ



รูปที่ 3 แสดงเส้นใย polyethylene oxide, PEO ประดิษฐ์ด้วยเทคนิคอิเล็กโตรสปินนิ่งแบบเกล็ดสนาม (ก) เมื่อแผ่นรองรับอยู่นิ่งและเวลาของการสปิน 5 วินาทีจะเกิดเส้นใยแบบขดซ้อนทับรอบจุดแกว่งออกไปเป็นวงเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 ไมโครเมตร (ข) เมื่อครอบแผ่นรองรับด้วยชั้นฉนวนของซิลิกา จะเกิดเส้นใยแบบขดซ้อนทับรอบจุดแกว่งออกไปเป็นวงแหวนรีร่วมศูนย์กลาง โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 300 ไมโครเมตร (ค) สาธิตการเขียนอักษรคำว่า Cal (ง) สาธิตการเขียนเป็นสัญลักษณ์รูปตัว U โดยเวลาของการสปิน 3 วินาที [1]

อิเล็กโตรสปินนิ่งแบบเกล็ดสนาม โดยเส้นใยรองรับบนแผ่นซิลิกอนและระบบรองรับเส้นใยเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วแตกต่างกันที่ 5 เซนติเมตร/วินาที (รูปที่ 2ก) 10 เซนติเมตร/วินาที (รูปที่ 2ข) 15 เซนติเมตร/วินาที (รูปที่ 2ค) 20 เซนติเมตร/วินาที (รูปที่ 2ง) และ 25 เซนติเมตร/วินาที (รูปที่ 2จ) จากรูปที่ 2 พบว่า เส้นใยมีลักษณะไม่เป็นเส้นตรงแต่เป็นเส้นตรงมากขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราเร็วของระบบรองรับเส้นใย รูปที่ 3 สาธิตการควบคุมการเกิด/จัดเรียงตัวของเส้นใยนาโน PEO ประดิษฐ์ด้วยเทคนิคอิเล็กโตรสปินนิ่งแบบเกล็ดสนาม โดยในรูปที่ 3ก เมื่อแผ่นรองรับอยู่นิ่งและใช้เวลาของการสปิน 5 วินาที พบว่าเกิดเส้นใยแบบขดซ้อนทับรอบจุดแกว่งออกไปเป็นวงเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 ไมโครเมตร รูปที่ 3ข เมื่อครอบแผ่นรองรับด้วยชั้นฉนวนของซิลิกอน ไดออกไซด์หรือซิลิกา (SiO_2) พบว่าเกิดเส้นใยแบบขดซ้อนทับรอบจุดแกว่งออกไปเป็นวงแหวนรีร่วมศูนย์กลาง โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 300 ไมโครเมตร รูปที่ 3ค สาธิตการเขียนอักษรคำว่า “Cal” และ รูปที่ 3ง สาธิตการเขียนเป็นสัญลักษณ์รูปตัว U โดยเวลาของการสปิน 3 วินาที [1]

ในกระบวนการอิเล็กโตรสปินนิ่งแบบเกล็ดสนามตัวแปรที่สำคัญนอกเหนือจากการควบคุมการเคลื่อนที่ของระบบรองรับ

เส้นใยแล้วจะต้องพิจารณาถึงขนาดศักย์ไฟฟ้าที่ใช้และระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรดกับแผ่นรองรับ จากผลการศึกษานาโนสเกลไฟฟ้าต่ำสุดที่ใช้และระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรดกับแผ่นรองรับในพอลิเมอร์ที่มีความเข้มข้นต่างกัน รวมถึงผลของการใช้แผ่นรองรับที่ต่างกัน พบว่าขนาดศักย์ไฟฟ้าต่ำสุดที่ต้องใช้ในกระบวนการอิเล็กโตรสปินนิ่งแบบเกล็ดสนามเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรดกับแผ่นรองรับหรือเพิ่มความเข้มข้นของพอลิเมอร์ ยกตัวอย่างเช่น PEO พอลิเมอร์ที่มีความเข้มข้น 3 wt % และ 5 wt % จะต้องใช้สนามไฟฟ้าประมาณ 5×10^7 โวลต์/เมตร และ 7×10^7 โวลต์/เมตร ตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อให้ระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรดกับแผ่นรองรับคงที่เท่ากับ 500 ไมโครเมตร แล้ว PEO พอลิเมอร์ที่มีความเข้มข้น 3 wt % จะเกิดเส้นใยนาโนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ไม่เท่ากัน โดยที่เส้นใยนาโนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 150-300 นาโนเมตร เมื่อเตรียมบนซิลิกอน และ 50-200 นาโนเมตร เมื่อเตรียมบนซิลิกา

จากที่กล่าวมาทั้งหมดข้างต้นพบว่าเทคนิคอิเล็กโตรสปินนิ่งแบบเกล็ดสนามนี้สามารถถูกพัฒนาเพื่อใช้งานใน 3 ด้านหลักๆ คือ

1. ประยุกต์ใช้ได้กับอุปกรณ์ที่ต้องการความแม่นยำในการเกิด/จัดเรียงตัวของเส้นใยนาโน เช่น การสร้างเครื่องตรวจวัดระดับนาโน (nanosensor) สำหรับการตรวจวัดทางชีวภาพ เช่น การตรวจจากกลูโคส เป็นต้น
2. ใช้สร้างเส้นใยนาโนแบบไม่ได้ถักทอที่มีรูปแบบการเรียงตัวที่แน่นอน เช่น แผ่นโครงร่างสำหรับเซลล์สังเคราะห์
3. มีศักยภาพในการนำมาใช้เป็นระบบ Nanolithography สำหรับทำไมโครชิปรุ่นใหม่ทดแทนระบบ lithography แบบดั้งเดิมที่มีระบบการใช้งานที่ซับซ้อนและมีราคาแพงมาก

● **ความพร้อมและศักยภาพของประเทศไทยสำหรับการวิจัยด้านอิเล็กโตรสปินนิ่ง** ในปัจจุบันงานวิจัยทางด้านอิเล็กโตรสปินนิ่งและเส้นใยนาโนได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก ได้มีการทำวิจัยในมหาวิทยาลัยและสถาบันวิจัยกว่า 100 แห่งทั่วโลก [2] โดยเน้นด้านการศึกษากระบวนการอิเล็กโตรสปินนิ่งและการเตรียมเส้นใยนาโนหลากหลายชนิด ซึ่งส่งผลให้เกิดผลงานตีพิมพ์ในวารสารวิชาการและสิทธิบัตรของผลงานทางด้านนี้

ฟิสิกส์ของวัสดุ

เพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว จนกระทั่งล่าสุดได้มีการจัดทำวารสารวิชาการระดับนานาชาติภายใต้ชื่อ International Journal of Electrospun Nanofibers and Applications (Science Press, India) เพื่อเผยแพร่ งานวิจัยทางด้านนี้โดยเฉพาะ โดยเล่มแรก (ฉบับ ม.ค. - มิ. ค. 2550) ออกเดือนกุมภาพันธ์ 2550 และด้วยความสามารถในการผลิตเส้นใยนาโนได้หลากหลายและในปริมาณมากของเทคนิคอิเล็กโตรสปินนิง งานวิจัยทางด้านอิเล็กโตรสปินนิงจึงเป็นหนึ่งในนาโนเทคโนโลยีที่สำคัญที่สุดในยุคนี้ และคาดว่าจะมีมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจคิดเป็นเงินหลายหมื่นล้านบาทในระยะเวลาไม่เกิน 10 ปี ข้างหน้านี้ [3] กลุ่มวิจัยที่มีความเชี่ยวชาญและมีผลงานวิจัยเรื่องอิเล็กโตรสปินนิงในระดับ Top 5 ของโลก ได้แก่ (1) กลุ่มวิจัยของ **Prof. Seeram Ramakrishna** (Nanoscience and Nanotechnology Initiative, National University of Singapore, Singapore) เป็นกลุ่มวิจัยที่เน้นการศึกษาระบบอิเล็กโตรสปินนิงพื้นฐานของการเกิดเส้นใย และการเตรียมเส้นใย มีผลงานด้านอิเล็กโตรสปินนิงตีพิมพ์ในวารสารวิชาการมากกว่า 50 เรื่อง และสิทธิบัตร มากกว่า 5 เรื่อง (2) กลุ่มวิจัยของ **Prof. Daren Reneker** (Maurice Morton Institute of Polymer Science, University of Akron, USA) เป็นกลุ่มวิจัยบุกเบิกที่เน้นการศึกษาระบบอิเล็กโตรสปินนิงพื้นฐานของการเกิดเส้นใย และการเตรียมเส้นใย มีผลงานด้านอิเล็กโตรสปินนิงตีพิมพ์ในวารสารวิชาการมากกว่า 30 เรื่อง และสิทธิบัตร มากกว่า 5 เรื่อง (3) กลุ่มวิจัยของ **Prof. Gary L. Bowlin** (Department of Biomedical Engineering, Virginia Commonwealth University, USA) เป็นกลุ่มวิจัยที่เน้นการศึกษาระบบอิเล็กโตรสปินนิงพื้นฐานของการเกิดเส้นใย และการเตรียมเส้นใย มีผลงานด้านอิเล็กโตรสปินนิงตีพิมพ์ในวารสารวิชาการมากกว่า 15 เรื่อง และสิทธิบัตร มากกว่า 3 เรื่อง (4) กลุ่มวิจัยของ **Prof. Younan Xia** (Department of Chemistry, University of Washington, USA) เป็นกลุ่มวิจัยที่เน้นการศึกษาระบบพัฒนาเทคนิคการประดิษฐ์และเตรียมเส้นใยนาโนพอลิเมอร์และเซรามิก มีผลงานด้านอิเล็กโตรสปินนิงตีพิมพ์ในวารสารวิชาการมากกว่า 15 เรื่อง และสิทธิบัตร มากกว่า 2 เรื่อง และ (5) กลุ่มวิจัยของ **Prof. Gregory C. Rutledge** (Department of Chemical Engineering, Massachusetts Institute of Technology, USA) เป็นกลุ่มวิจัยที่เน้นการศึกษาระบบอิเล็กโตรสปินนิงพื้นฐานของการเกิดเส้นใย และการเตรียมเส้นใยสำหรับการประยุกต์ทางด้านอาหาร มีผลงานด้านอิเล็กโตรสปินนิงตีพิมพ์ในวารสารวิชาการมากกว่า 15

เรื่อง และสิทธิบัตร มากกว่า 3 เรื่อง

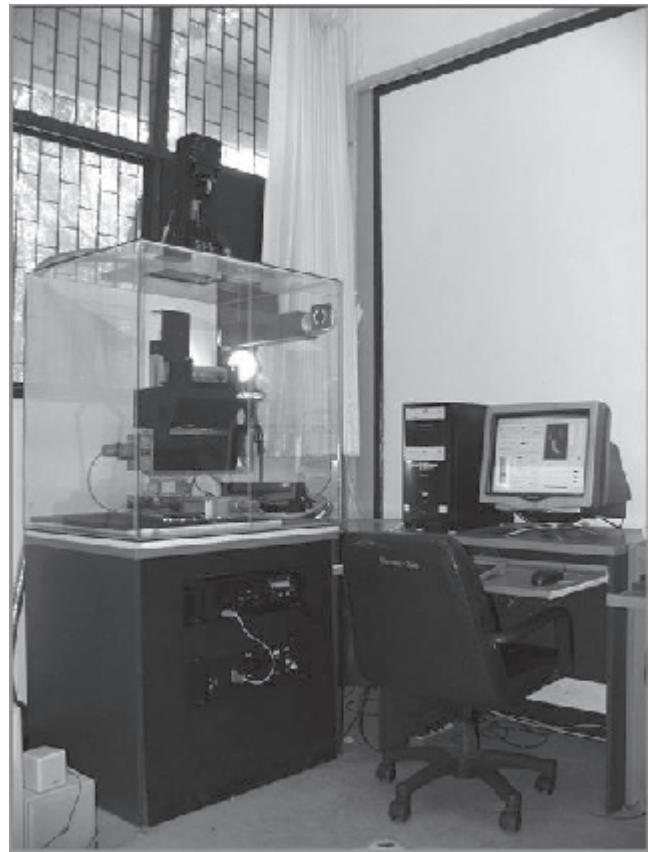
สำหรับประเทศไทยแล้ว งานวิจัยด้านอิเล็กโตรสปินนิงมีค่อนข้างน้อย และในขณะนี้มีเพียง 2 กลุ่มวิจัยหลักเท่านั้น คือ กลุ่มวิจัยของ **รศ. ดร. พิษณุ สุขผล** (วิทยาลัยปิโตรเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย) เป็นกลุ่มวิจัยแรกในประเทศไทยและเน้นการเตรียมเส้นใยพอลิเมอร์สำหรับการประยุกต์ใช้ทางด้านการแพทย์ มีผลงานด้านอิเล็กโตรสปินนิงตีพิมพ์ในวารสารวิชาการอย่างต่อเนื่อง มากกว่า 15 เรื่อง และอีกกลุ่มวิจัยเป็นกลุ่มวิจัยของผู้เขียนเอง คือ กลุ่มวิจัย Small & Strong Materials Group ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ และศูนย์นาโนเทคโนโลยีบูรณาการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ซึ่งเริ่มทำการวิจัยด้านอิเล็กโตรสปินนิง ตั้งแต่ปี 2546 โดยเน้นที่ 1) การสร้างและพัฒนาระบบอิเล็กโตรสปินนิงควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์และมีระบบความปลอดภัยสูงสำหรับห้องปฏิบัติการและอุตสาหกรรม 2) การศึกษาพื้นฐานการประดิษฐ์เส้นใยนาโนเพื่อให้สามารถออกแบบและผลิตเส้นใยที่มีคุณภาพ/สมบัติที่ดี และ 3) การประยุกต์ใช้เส้นใยนาโน โดยกลุ่มวิจัยได้เน้นการประยุกต์ใช้งานออกเป็น 4 กลุ่มย่อย คือ ก) ด้านสุขภาพ เช่น ใช้เป็น tissue engineering, drug controlled release/delivery, wound dressing, เครื่องสำอาง ข) ด้านพลังงาน เช่น เป็นส่วนประกอบของเซลล์แสงอาทิตย์ เซลล์เชื้อเพลิง แบตเตอรี่ เซลล์ผันไฟฟ้าจากความร้อน ค) เครื่องมือตรวจสอบด้านการป้องกันและความปลอดภัย เช่น ใช้เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดสารพิษ สารชีวภาพ หรือก๊าซ ความไวสูง ง) ด้านวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมและเทคโนโลยีชีวภาพ เช่น ใช้เป็นเมมเบรน และระบบกรองของเหลวและอากาศประสิทธิภาพสูง งานวิจัยดังกล่าวนี้ได้รับทุนสนับสนุนหลักจากศูนย์นาโนเทคโนโลยีบูรณาการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ และกำลังเข้าร่วม/จัดตั้งเป็นศูนย์เครือข่ายของศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ โดยเน้นที่การประยุกต์ใช้เส้นใยนาโนเพื่อการแพทย์และสุขภาพ

ในมุมมองของผู้เขียนแล้ว ประเทศไทยมีความพร้อมและศักยภาพสำหรับการทำวิจัยด้านอิเล็กโตรสปินนิงสูงมาก ทั้งด้านกำลังคน เครื่องมือ และวัตถุดิบ สามารถพัฒนางานวิจัยได้เท่าเทียมหรือแม้กระทั่งเป็นผู้นำทางด้านนี้ในระดับโลกได้ในอนาคตอันใกล้นี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการวิจัยเพื่อประยุกต์ใช้ทางด้านการแพทย์และสุขภาพ ยกตัวอย่างเช่น การพัฒนาเส้นใยนาโน

ฟิสิกส์ของวัสดุ

พอลิเมอร์ชีวภาพสำหรับใช้ทางด้าน tissue engineering, drug controlled release/delivery, wound dressing โดยหน่วยงานวิจัยในประเทศไทยโดยเฉพาะในมหาวิทยาลัยที่มีคณะวิชาด้านวิทยาศาสตร์พื้นฐาน วิทยาศาสตร์สุขภาพ และวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งหากมีโรงพยาบาลทั่วไปและโรงพยาบาลสัตว์รองรับแล้วมีข้อได้เปรียบและน่าจะประสบความสำเร็จในการวิจัยทางด้านนี้สูงสุด ทั้งนี้เนื่องจากหน่วยงานดังกล่าวนี้มีความพร้อมในการทำงานวิจัยแบบบูรณาการ โดยนักวิจัยมาจากหลากหลายสาขา เช่น วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เกษศาสตร์ แพทยศาสตร์ และสัตวแพทยศาสตร์ โดยทีมนักวิจัยสามารถเข้าถึงการใช้เครื่องมือร่วมกันและสามารถสนับสนุนงานวิจัยซึ่งกันและกันได้ เช่น ทีมวิจัยจากวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ ช่วยทางด้านสังเคราะห์สารตั้งต้น (เช่น โปรตีนจากธรรมชาติ พอลิเมอร์ทั้งแบบสังเคราะห์และจากธรรมชาติ เป็นต้น) การสร้างเครื่องอิเล็กทรอนิกส์สปินนิ่งสำหรับผลิตและศึกษาสมบัติพื้นฐานของเส้นใยนาโนทั้งเชิงทฤษฎีและการทดลอง รวมไปถึงการออกแบบผลิตภัณฑ์ ทีมวิจัยจากเกษตรศาสตร์ช่วยทางด้านทดสอบทางด้านยาและการออกฤทธิ์ รวมถึงการหาสารสกัดผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติใหม่ๆ สำหรับพัฒนาใช้ร่วมกับเส้นใยนาโนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการรักษา ทีมวิจัยจากแพทยศาสตร์และสัตวแพทยศาสตร์สามารถทดสอบสมบัติทางชีวภาพทั้งแบบ *in vitro* และ *in vivo* โดยมีโรงพยาบาลและโรงพยาบาลสัตว์ซึ่งเป็นหน่วยงานที่จะสนับสนุนสำหรับการทำวิจัยในระดับคลินิก ซึ่งสำหรับประเทศไทยแล้วน่าจะทำได้สะดวก รวดเร็วและมีประสิทธิภาพสูงสุด ทั้งยังมีกรณีศึกษาหลากหลายอีกด้วย

● **บทบาทของนักฟิสิกส์ไทย** นักฟิสิกส์ถือเป็นกลุ่มนักวิจัยที่มีส่วนสำคัญในการสร้างงานวิจัยพื้นฐานแทบทุกด้าน และแน่นอนการวิจัยด้านอิเล็กทรอนิกส์สปินนิ่งต้องการนักฟิสิกส์มาเป็นส่วนหนึ่งของทีมวิจัยด้วย นักฟิสิกส์เหมาะที่จะการศึกษาพื้นฐานของกระบวนการทางอิเล็กทรอนิกส์สปินนิ่ง กลไกการเกิดเส้นใยนาโนและผลทางด้าน quantum confinement การพัฒนาระบบอิเล็กทรอนิกส์สปินนิ่งสำหรับการประดิษฐ์เส้นใยนาโน(โดยเฉพาะอิเล็กทรอนิกส์สปินนิ่งแบบไกล์สนาม) ตัวอย่างระบบอิเล็กทรอนิกส์สปินนิ่งต้นแบบควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาโดยกลุ่มวิจัย Small & Strong Materials Group ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น แสดงในรูปที่ 4 (ผลงานนี้ได้รับรางวัล



รูปที่ 4 แสดงระบบอิเล็กทรอนิกส์สปินนิ่งควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์สำหรับประดิษฐ์เส้นใยนาโน KKU ElectroSys I พัฒนาโดยกลุ่มวิจัย Small & Strong Materials Group ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น

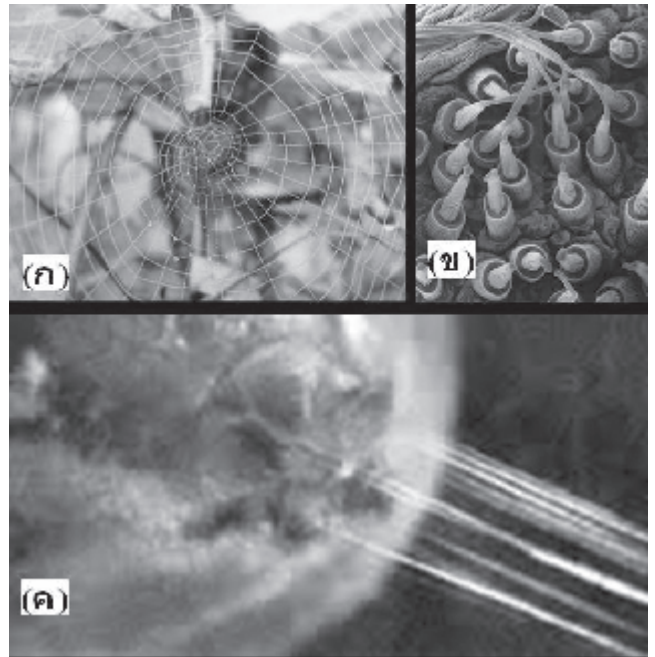
ชมเชย ผลงานประดิษฐ์คิดค้น ประจำปี 2549 สาขาวิทยาศาสตร์กายภาพและคณิตศาสตร์ ชื่อผลงานประดิษฐ์คิดค้น “ระบบอิเล็กทรอนิกส์สปินนิ่งควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์สำหรับประดิษฐ์เส้นใยนาโน” สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ) นอกจากนี้ นักฟิสิกส์ยังมีบทบาทในการพัฒนาการประยุกต์ใช้เส้นใยนาโนแนวใหม่ ได้แก่ ด้านนาโนอิเล็กทรอนิกส์ เช่น เซนเซอร์ความไวสูงยิ่ง (Ultra-sensitive sensors) ผิวหนังอิเล็กทรอนิกส์ (electronic skin) ที่ซ่อมแซมตัวเองได้ เส้นใยนาโนกักเก็บพลังงานความจุสูง (high capacity energy-storage nanofibers)) เส้นใยนาโนแบบหลายหน้าที่ (multifunctional nanofiber) เส้นใยนาโนโครงสร้างเลียนแบบโครงสร้างนาโนในธรรมชาติ (biomimic nanostructure fiber) และระบบกรองนาโนแบบฉลาด (intelligent nanofiltration) เป็นต้น

สำหรับผู้เขียนแล้วสิ่งที่ท้าทายที่สุดของการวิจัยด้านอิเล็กทรอนิกส์

ฟิสิกส์ของวัสดุ

โทรสปินนิ่ง คือ การศึกษาระบบการสร้างเส้นใยนาโนเลียนแบบแมงมุม (*spider-like electrospinning*) และสร้างระบบประดิษฐ์เส้นใยนาโนเลียนแบบแมงมุม อันที่จริง โดยส่วนตัวแล้วผู้เขียนชอบดูภาพยนตร์การ์ตูนเรื่องไอแมงมุมมาตั้งแต่สมัยยังเป็นเด็ก และหลายครั้งยังจินตนาการว่าตัวเองเป็นมนุษย์แมงมุม แต่ยังคงสงสัยจนกระทั่งทุกวันนี้ว่าแมงมุมมันสร้างเส้นใยของมันได้อย่างไร? (เพื่อจะตอบข้อสงสัยนี้ คงต้องกลับไปฟังเพลง “มิสเตอร์ แมงมุม” ของคุณหญิง ร็อกเคสตรา ไม่น่าเชื่อว่ายังมีพี่น้องๆชาวฟิสิกส์ท่านใดที่รู้จักเพลงนี้บ้าง เสียดยผมหาซื้อ CD ไม่ได้เลย มิเช่นนั้นแล้วคงจะได้ทราบพฤติกรรมของแมงมุมมากกว่านี้) ที่นี้ลองย้อนกลับมาพิจารณาการสร้างเส้นใยของแมงมุม (รูปที่ 5) ซึ่งเราจะพบว่า การสร้างเส้นใยของแมงมุมนั้นมีวิวัฒนาการมานานมากกว่า 400 ล้านปีแล้ว รูปที่ 5ก แสดงโครงสร้างเส้นใยของแมงมุมที่เห็นได้ทั่วไปสำหรับดักจับเหยื่อ รูปที่ 5ข แสดงเส้นใยของแมงมุมขนาดประมาณ 20 นาโนเมตรที่พุ่งออกมาจากท่อเล็กๆ หลายท่อแล้วบิดรวมกันเป็นเส้นขนาดใหญ่ขึ้น (ระดับไมโครเมตร) ส่วน รูปที่ 5ค ภาพถ่ายระยะประชิด แสดงเส้นใยของแมงมุมหลายเส้นที่พุ่งออกมาจากท่อเล็กๆ กลไกที่เกิดขึ้นนี้เป็นสิ่งที่น่าสนใจและท้าทายสำหรับนักวิทยาศาสตร์เป็นอย่างมาก หากเปรียบเทียบกับกระบวนการอิเล็กทรอนิกส์โทรสปินนิ่งที่ต้องใช้ศักย์ไฟฟ้าสูงถึง 10-50 กิโลโวลต์ในการสร้างเส้นใยขนาด 100-500 นาโนเมตรแล้ว ผู้เขียนมีคำถามที่อยากทราบคำตอบจากผู้อ่านว่าแมงมุมใช้กลไกอะไรในการสร้างเส้นใย และหากต้องใช้ศักย์ไฟฟ้าเช่นเดียวกันกับกระบวนการอิเล็กทรอนิกส์โทรสปินนิ่งจะต้องใช้ขนาดเท่าใด?

จากที่ได้เขียนเรื่องราวเกี่ยวกับเส้นใยนาโนทั้งสามตอน ผู้เขียนได้อธิบายพื้นฐานอิเล็กทรอนิกส์โทรสปินนิ่ง การประยุกต์ใช้เส้นใยนาโนที่เตรียมด้วยเทคนิคอิเล็กทรอนิกส์โทรสปินนิ่ง อิเล็กทรอนิกส์โทรสปินนิ่งแบบใกล้ชิดนาม ความพร้อมและศักยภาพของประเทศไทยสำหรับการวิจัยด้านอิเล็กทรอนิกส์โทรสปินนิ่ง รวมถึงบทบาทของนักฟิสิกส์ไทยสำหรับการวิจัยด้านอิเล็กทรอนิกส์โทรสปินนิ่ง ผู้เขียนหวังว่าบทความนี้จะเป็นส่วนหนึ่งที่สร้างแรงจูงใจแก่นักวิจัยให้เกิดการทำวิจัยทางด้านอิเล็กทรอนิกส์โทรสปินนิ่งในประเทศไทยมากยิ่งขึ้น หากมีความก้าวหน้าหรือเรื่องราวที่น่าสนใจเกี่ยวกับเส้นใยนาโนและอิเล็กทรอนิกส์โทรสปินนิ่งผู้เขียนจะพยายามนำมาเขียนลงในวารสารนี้อีกในโอกาสต่อไป



รูปที่ 5 แสดงการสร้างเส้นใยของแมงมุมซึ่งมีวิวัฒนาการมานานกว่า 400 ล้านปี (ก) โครงสร้างเส้นใยของแมงมุมที่เห็นได้ทั่วไปสำหรับดักจับเหยื่อ (ข) เส้นใยของแมงมุมขนาด 20 นาโนเมตรที่พุ่งออกมาจากท่อเล็กๆ หลายท่อแล้วบิดรวมกันเป็นเส้นขนาดใหญ่ขึ้น (ระดับไมโครเมตร) (ค) ภาพถ่ายระยะประชิด แสดงเส้นใยของแมงมุมหลายเส้นที่พุ่งออกมาจากท่อเล็กๆ (รูปที่ 5ก ได้รับความอนุเคราะห์จาก Prof. Dr. Ji-Huan He แห่ง Donghua University ประเทศจีน; รูปที่ 5ข และ 5ค สืบค้นจาก Dennis Kunkel Microscopy, Inc)

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ศูนย์วิจัยนาโนเทคโนโลยีบูรณาการ ฝ่ายวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น และสำนักงานคณะกรรมการการสภานโยบายแห่งชาติ (วช.) สำหรับทุนวิจัยด้านอิเล็กทรอนิกส์โทรสปินนิ่ง

เอกสารอ้างอิง

- [1] D. Sun, C. Chang, L. Lin, Near-field electrospinning, *Nano Letters* 6 (2006) 839-842.
- [2] S. Ramakrishna, K. Fujihara, W-E Teo, T. Yong, Z. Ma, R. Ramaseshan, Electrospun Nanofibers: Solving Global Issues, *Materials Today* 9 (2006) 40-50.
- [3] ได้จากการวิเคราะห์ของผู้เขียน โดยอาศัยข้อมูลจากเอกสารอ้างอิง [2]

ฟิสิกส์กับมดดำ

สมศร สิงขรัตน์

บทนำ

เมื่อตอนเด็กๆ เราคงเคยเล่นลูกแก้ว ดังแสดงในรูปที่ 1 กันมาแล้ว คงยังพอจำกันได้ว่า ถ้าปล่อยลูกแก้วให้ตกลงสู่พื้นเรียบแข็ง (เช่น กระเบื้องเซรามิกส์เรียบ หรือพื้นหินแกรนิตขัดมัน) แบบ “free-fall” จะเกิดอะไรขึ้น? ลูกแก้วจะกระดอนกลับขึ้นมาสูงมากเกือบเท่าความสูงตอนปล่อยเลยนั้นเทียว ทำไมลูกแก้วจึงกระดอนขึ้นมาได้สูงถึงเพียงนั้น? ถ้าต้องการให้กระดอนสูงยิ่งขึ้นไปอีกจะต้องทำอย่างไร?

ตอบ :



รูปที่ 1 ลูกแก้วขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 17 มม. มวล 6.5 กรัม

มดที่รู้จักใช้ประโยชน์ของการกระแทก

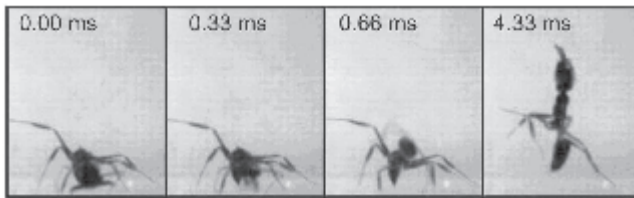
เมื่อปลายปี ค.ศ. 2004 นักชีววิทยาอเมริกัน 2 คน คือ Andrew Suarez กับ Brian Fisher เดินทางไปประเทศ Costa Rica ในทวีปอเมริกากลางเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลเรื่องมด แล้วได้ไปพบกับมดดำฝูงหนึ่งที่มีพฤติกรรมไม่ธรรมดา กล่าวคือ มดฝูงนี้ลอยขึ้นมาให้เห็นแบบกระจะตา ตรงโน้นที่ ตรงนี้ที่ ทั้งสองเห็นแล้วนึกสนุกจึงตั้งชื่อเหตุการณ์ที่เห็นว่า “popcorn-effect” เพราะอาการคล้ายกับการแตกตัวของข้าวโพดคั่ว ความน่าสนใจอยู่ตรงที่วามดพันธุ์นี้ ซึ่งมีลำตัวยาวประมาณ 1 ซม. อยู่ๆ ก็ลอยขึ้นมาสูงตั้ง 6 - 8 ซม. ได้อย่างไร ทั้งๆ ที่ก็มีขาเหมือนมดพันธุ์อื่นๆ (ดูรูปสีที่หน้า 2) ไม่ได้มีขาหลังทรงพลังเหมือนตั๊กแตนเสื้อที่ไหนด Fisher กับ Suarez จึงเชิญตัวแทนส่วนหนึ่งให้ไปเที่ยวแคลิฟอร์เนีย

ที่ห้องปฏิบัติการของมหาวิทยาลัย UC Berkeley มดกลุ่ม



รูปที่ 2 โคมหน้าซัดๆ ของมด *Odontomachus bauri* ฉายา “Trap-jaw ant” (หรือเรียกกันสั้นๆ ว่า *O. bauri*) มีมวลประมาณ 9.3 – 14.6 มิลลิกรัม มีอาวุธที่เด็ดประจำกายเป็นกรามคู่ ยาวข้างละ 1.24 -1.38 มม. โดยแต่ละข้างมีมวลเฉลี่ย 129 ไมโครกรัม

นี้ถูกถ่ายภาพด้วยกล้องความเร็วสูงพิเศษระดับ 50,000 เฟรมต่อวินาที นั่นคือแต่ละเฟรมใช้เวลาเพียง 0.02 มิลลิวินาที (กล้องถ่ายภาพยนตร์ทั่วไปจะใช้เวลาของการบันทึกภาพเพียง 24 เฟรมต่อวินาทีเท่านั้น) อาจถือได้ว่าเทคโนโลยีสมัยใหม่ได้ช่วยให้มีโอกาสเห็นอย่างละเอียดสิ่งที่แต่ก่อนไม่สามารถจะเห็นได้ นั่นคือมดดำพันธุ์นี้มีหน้าตาต้งแสดงในรูปที่ 2 มีวิธีหลบหนีนักล่าแบบที่ไม่เหมือนใคร โดยการก้มหัวลงพร้อมปลดล็อก กรามที่จางเอาไว้แล้วเต็มที่จับับ กระแทกพื้นโครม พลันหัวมดก็ผิงกระดอนกลับ (ดูรูปที่ 3) แล้วทั้งตัวก็ลอยละลือขึ้นสู่ท้องนภาออกไปในบัดดล



รูปที่ 3 แสดงขั้นตอนการ “เทค-ออฟ (take off)” ของมดดำ *O. bauri*

(Scale bar : 1 ซม.)

ทั้งนี้มีแนวโค้งย้อนหลังแบบโปรเจกไทล์ (ดูรูปที่ 4) แต่ดูไม่ออกว่าเป็นท่า “ลังกาหน้า เกลียวข้าง สามรอบครึ่ง” หรือไม่ เพราะออกไปทาง “ท่ามั่ว” เสียมากกว่า ตอน “แล่นคืบ” ก็ไม่ได้นุ่มนวลแบบแมว หรือนักยิมนาสติก เอาหัวลงบ้าง เอาก้นลงบ้าง แต่ก็ไม่เห็นจะเป็นอะไร คงเพราะมีโครงสร้างร่างกายที่แข็งแรง อีกทั้งความหนืดของอากาศยังช่วยผ่อนแรงกระแทกไปได้บ้าง บางครั้งจุดตกอยู่ห่างจากจุดตั้งต้นถึง 5 ซม. โดยก่อนหน้านี้มันลอยคุบคุบอยู่ในอากาศนานประมาณ 0.25 วินาที เล่นเอาหนักล่ออย่างถึงก้ามมันดิบ “ดูแลบลิ้น พลาคเป้าไปได้อย่างไรหว่า” (หัวงเวลาปล่อยลิ้นจับเหยื่อของกิ้งก่าจะอยู่ในช่วง 0.11 – 0.28 วินาที)

เบื้องลึกของรวดพลังกรม

ถ้าเทียบกับคนเราบนพื้นฐานของขนาดร่างกาย ก็ต้องยอมรับว่ามดดำ *O. bauri* มีกลไกที่มีประสิทธิภาพสูงกว่ามนุษย์ผู้ประเสริฐมากนัก เพราะแม้แต่เด็กก็พาอาชีพระดับโอลิมปิกยังมีสถิติกระโดดสูง (ชาย) เพียง 2.5 เมตร

มดดำ *O. bauri* เหมือนจะรู้จักประยุกต์ใช้หลักการที่ว่า

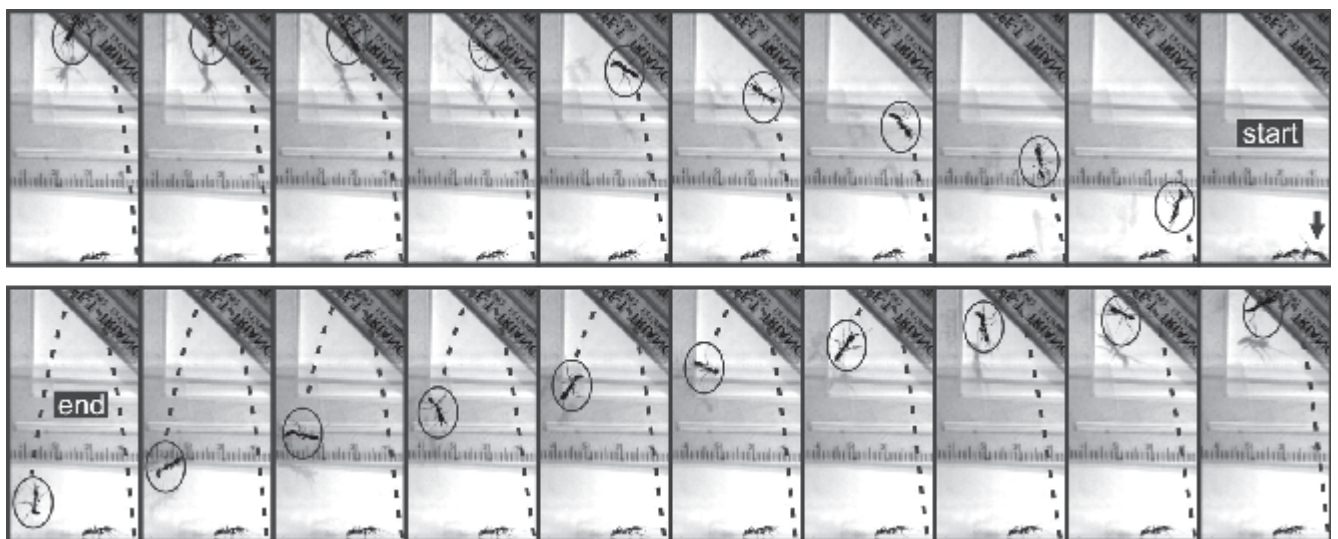
“วัตถุที่ถูกหน่วงอย่างฉับพลัน ย่อมก่อให้เกิดการกระแทกรุนแรงกว่าวัตถุที่ถูกหน่วงอย่างช้าๆ” (เวลาเรากระโดดลงจากที่สูง จึงต้องงอเข่า เพื่อเพิ่มช่วงเวลาของการกระทบ ส่งผลให้ลดแรงกระแทกลงได้ เช่นเดียวกับ ประโยชน์ของถุงลมนิรภัยในรถยนต์หรือเชือกที่ต้องยึดได้ของการกระโดดบันจี้จัมพ์)

หัวใจของวิทยายุทธของมดดำ *O. bauri* จึงตั้งต้นที่ความสามารถในการรับกรามด้วยอัตราเร็วสูงมาก นั่นคือประมาณว่าเร็วกว่าการกระทบตาของคนเราถึง 2,300 เท่า ในประวัติศาสตร์โลกทั้งมวลแล้ว ตอนนี้มีมดดำ *O. bauri* ขึ้นครองตำแหน่งเจ้าความเร็วในการเคลื่อนไหวอวัยวะร่างกาย ที่หล่นลงไปอยู่ระดับสองคือ กิ้ง Mantis Shrimp ที่สามารถปล่อยหมัดเด็ดได้เร็ว 23 เมตร/วินาที ส่วนอันดับสามเป็นแมงกระพรุนที่สามารถพุ่งหวดพิชได้เร็ว 18.6 เมตร/วินาที เพราะจากการศึกษาใหม่นี้พบว่ามดดำ *O. bauri* จับกรามด้วยอัตราเร็วสูงสุดถึง 64.3 เมตร/วินาที หรือเฉลี่ยประมาณ 38.4 เมตร/วินาที [ดูภาพเคลื่อนไหวได้ที่ http://www.ucmp.berkeley.edu/science/profiles/patek_0612.php]

ในกรณีของลูกแก้วนั้น ถ้าต้องการให้กระดอนกลับขึ้นมาสูงขึ้นก็ต้องปล่อยที่ความสูงมากขึ้น ทั้งนี้เพราะอิมพัลส์ของการชนจะขึ้นอยู่ด้วยความเร็วตอนชน

$$(F)(\Delta t) = mv = m\sqrt{2gh}$$

โดยช่วงเวลาที่เกิดการชนจะสั้นมากๆ เช่น ในกรณีของการตีกอล์ฟมีการศึกษาไว้ว่า ช่วงเวลา Δt ที่ไม้กอล์ฟสัมผัสกับลูกกอล์ฟจะอยู่ที่ประมาณ 0.5 มิลลิวินาที ($= 0.5 \times 10^{-3}$ วินาที $= 0.5$ ms) ซึ่ง



รูปที่ 4 การหลบหนีแบบอิงโปรเจกไทล์ตัวเองย้อนหลัง (Scale bar : 1 ซม.)

ประมาณว่าเท่ากันกับกรณีของนกหัวขวาน โขกปากเจาะต้นไม้ แต่ก็จะขึ้นอยู่กับความยืดหยุ่นของวัตถุทั้งสองฝ่ายด้วย เช่น กรณีของเบสบอล (หรือซอฟท์บอล) Δt จะมีค่าประมาณ 1.6 ms และกรณีของเทนนิส $\Delta t \simeq 5$ ms

ดังนั้นถ้าสมมติว่าปล่อยลูกแก้วที่ความสูง $h=30$ ซม. และทักทักเอาไว้ว่า Δt ของการชนระหว่างลูกแก้วกับพื้นอยู่ในเรือน 0.5 ms เหมือนกับกรณีของการตีกอล์ฟ ก็จะมีตัวเลขว่า

$$\text{แรงปฏิกิริยาเฉลี่ยจากพื้น} \simeq 32 \text{ นิวตัน (N)}$$

ซึ่งจะมากกว่าน้ำหนักของลูกแก้วประมาณ 490 เท่า แรงนี้เองที่หน่วงให้ความเร็วของลูกแก้วลดจาก 2.45 m/s เหลือเป็นศูนย์ภายในช่วงเวลา 0.5 ms นั่นคือ จังหวะนั้นเกิดอัตราเร่ง (deceleration) ที่มีค่าถึง

$$a_{\text{decel.}} = 4.9 \times 10^3 \text{ m/s}^2$$

หรือมากกว่าความเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลกถึง 500 เท่า หรือ

$$a_{\text{decel.}} = 500 g$$

คราวนี้มาพิจารณาในกรณีของมดดำ O.bauri ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่อีกแบบ จากอัตราเร็วของการรับกรม (v) และความยาวของกรม (l) ที่ทดลองได้ดังกล่าวแล้วตอนต้น สามารถประเมินได้ว่า

$$\frac{\text{ความเร็วเชิงมุมของกรมหนึ่งข้าง}}{\text{ความเร็วเชิงมุมของกรมหนึ่งข้าง}} = \frac{v}{l} = 4.95 \times 10^4 \text{ rad/s}$$

แต่แล้วการเคลื่อนที่ที่ถูกหยุดยั้งอย่างกะทันหัน ภายในช่วงเวลาสั้นมากๆ ซึ่งถ้าพิจารณาจาก รูปที่ 3 และคะแนนหลายๆ เอา



รูปที่ 5 ทีมนักวิจัยที่ทำการศึกษามดดำ O. bauri ใหม่ด้วยอุปกรณ์ที่ทันสมัยขึ้น ประกอบด้วย (จากซ้ายไปขวา) Andrew Suarez, Joe Baio, Brian Fisher และ Sheila Patek

ว่า $\Delta t \simeq 0.1$ ms จะได้ว่า

$$\text{อัตราเร่งเชิงมุม (angular deceleration)} \simeq 4.95 \times 10^8 \text{ rad/s}^2$$

หรือคิดเป็น

$$\text{อัตราเร่งเชิงเส้น } (a'_{\text{decel.}}) \simeq 6.4 \times 10^5 \text{ m/s}^2$$

นั่นคือ

$$a'_{\text{decel.}} \simeq 6.5 \times 10^4 g$$

ซึ่งเกิดจากแรงปฏิกิริยาโต้ตอบจากพื้นที่มีค่าประมาณ 80 mN หรือก็คือมีค่ามากกว่าน้ำหนักของมดประมาณ 800 เท่า และนี่คือต้นตอของแรงที่ส่งให้มดดำ O.bauri ลอยละลือขึ้นจากพื้นได้

เรื่องนี้เป็นอีกตัวอย่างที่ชัดเจนของงานวิจัยศึกษาในปัจจุบันและอนาคตที่ต้องบูรณาการหลายสาขาวิชาเข้าด้วยกัน ในทีมที่ทำวิจัยเรื่องนี้ ดังแสดงในรูปที่ 5 ทุกคนล้วนเป็นนักชีววิทยา แต่บทความวิชาการที่เขียนมีเนื้อหาเป็นฟิสิกส์เสียเกินครึ่ง

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณรองศาสตราจารย์ ดร. นรา จิรภัทรพิมล สำหรับการให้คำปรึกษาที่มีคุณค่ายิ่ง

เอกสารค้นคว้าเพิ่มเติม

S. N. Patek, J. E Baio, B. L. Fisher and A. V. Suarez, “Multifunctional and mechanical origins : Ballistics jaw propulsion in trap-jaw ants”, PNAS, August 22, 2006, Vol.103, No. 34, 12787 – 12792.

คำถามท้ายบท(ความ)

เพลี้ยกระโดดคดดำ (Frogopper spittle bug) ซึ่งมีมวล 12 มิลลิกรัม ใช้ขาช่วยสร้างอัตราเร่งตอนช่วงจะกระโดดเทียบเท่ากับ 550 g ภายในช่วงเวลา 0.8 ms อยากทราบว่าเพลี้ย Frogopper จะมีความเร็วตอน “เทค-ออฟ” เท่าใด? และกระโดดได้สูงเท่าใด? (โปรดดูเฉลยที่หน้า 25)

การเลี้ยวเบนของแสงจากมุ้งลวด

สมชาย เกียรติกมลชัย

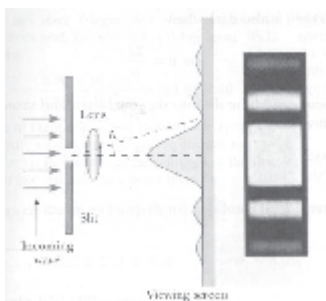
เรียน เล่น ฟิสิกส์ในฉบับที่แล้วได้กล่าวถึงปรากฏการณ์หักเหของแสงที่ทำให้บ่อน้ำดูตื้นเกินกว่าปกติ ซึ่งเห็นได้ทั่วไปช่วงกลางวัน ในฉบับนี้ ผมจะเล่าถึงอีกปรากฏการณ์หนึ่งของแสงที่พบเห็นได้ทั่วไปในช่วงกลางคืน ปรากฏการณ์ที่ว่านี้คือ การเลี้ยวเบนของแสง การเลี้ยวเบนเป็นสมบัติเชิงคลื่นที่ทำให้แสงสามารถ “เลี้ยวเบน” อ้อมสิ่งกีดขวางได้ การอ้อมสิ่งกีดขวางของแสงไม่เหมือนการอ้อมสิ่งกีดขวางของคลื่นเสียงเสียทีเดียว ทั้งนี้เพราะแสงมีความยาวคลื่นที่สั้นมาก อยู่ในระดับขนาดครึ่งไมโครเมตรสำหรับย่านที่ตามองเห็น ในขณะที่เสียงมีความยาวคลื่นอยู่ในระดับขนาดเซนติเมตรถึงเมตร สิ่งนี้ทำให้เราสังเกตเห็นการเลี้ยวเบนของแสงได้ในชีวิตประจำวัน ชีวิตที่ส่วนใหญ่จะยุ่งเกี่ยวกับวัตถุซึ่งมีขนาดใกล้เคียงตัวเรา ในขณะที่ผลการเลี้ยวเบนของแสงก็จะเกิดในบริเวณเล็ก ๆ ขนาดใกล้เคียงกับความยาวคลื่นซึ่งก็พบเห็นได้น้อยลง

หลักของฮอยเกนส์ได้อธิบายการเกิดปรากฏการณ์เลี้ยวเบนว่าเป็นผลเนื่องมาจากการที่จุดต่าง ๆ บนหน้าคลื่น ซึ่งแน่นอนว่ามีอยู่เป็นจำนวนอนันต์จุด ประพฤติตัวเป็นแหล่งกำเนิดคลื่นอันใหม่ ผลของการรวมคลื่นจากแหล่งกำเนิดจำนวนมหาศาลนี้ทำให้เกิดผลหลายการ “แทรกสอด” กล่าวคือมีตำแหน่งมืดตำแหน่งสว่างเกิดขึ้น การเลี้ยวเบนของแสงเอกรงค์ผ่านช่องแคบเดี่ยวทำให้เกิดแถบมืดและแถบสว่างดังแสดงในรูปที่ 1 (ก) ผลของการเลี้ยวเบนของแสงเอกรงค์ที่ขอบของใบมีดโกนหนวด (เช่นเดียวกับที่เสียงเลี้ยวอ้อมมุมตึก) เมื่อมองผ่านกล้องขยายเราจะเห็นแถบมืด แถบสว่างเช่นกัน ซึ่งขนาดของแถบมืดจะลดลงที่ตำแหน่งไกลออกไปจากขอบและหายไปในที่สุด

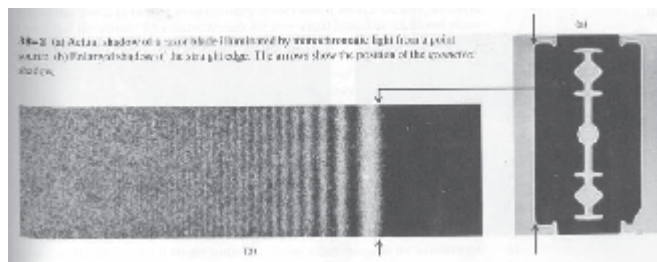
การเลี้ยวเบนอีกแบบหนึ่งที่นักเรียนคุ้นเคยกว่าก็คือการเลี้ยวเบนด้วยแผ่นเกรตติง (หรือที่เรามักออกเสียงว่า เกรต-ติง) แผ่นเกรตติงประกอบด้วยช่องแคบยาวจำนวนมาก เรียงตัวอยู่บนแผ่นระนาบ เมื่อแสงเอกรงค์ตกกระทบบนเกรตติง แต่ละช่องจะทำหน้าที่เป็นแหล่งกำเนิดคลื่นอันใหม่ คลื่นเหล่านี้ไปรวมตัวกันบนฉากรับภาพเกิดเป็นแถบมืด แถบสว่าง ถ้าจำนวนช่องแคบมีไม่มากนักแถบสว่างจะมีความกว้างพอสมควร แต่เมื่อเพิ่มจำนวนช่องให้มากขึ้นเรื่อย ๆ ความกว้างของแถบสว่างจะลดลงเรื่อยจนเกิดเป็นขีด ๆ ดังจะเห็นได้จากรูปที่ 2 โดยที่ความสว่างของแต่ละแถบจะเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากการอนุรักษ์พลังงานแสงขาออก ปัจจัยที่สำคัญที่จะทำให้เราสังเกตผลการแทรกสอดได้ชัดเจนหรือไม่คือ ระยะห่างระหว่างช่องแคบ ในขณะที่ผลของการเลี้ยวเบนจะขึ้นกับความกว้างช่องแคบ เกรตติงที่มีขายทั่วไปเช่นที่ร้านศึกษาภัณฑ์พาณิชย์ จะมีระยะห่างระหว่างช่องแคบอยู่ในระดับ 0.5-2.5 ไมโครเมตร ส่วนความกว้างช่องแคบย่อมน้อยกว่าระยะห่างระหว่างช่องแคบ แต่มักจะไม่ได้มีการระบุไว้

มันเป็นความเคยชินพอสมควรสำหรับผู้เขียนที่เข้าใจว่าการทำให้เกิดปรากฏการณ์เลี้ยวเบนได้นั้นต้องใช้ช่องแคบที่กว้างใกล้เคียงหรือมากกว่าความยาวคลื่นไม่มากนัก ทั้งนี้เพราะจากสูตร $b \sin \theta = m\lambda$ ซึ่งบอกถึงตำแหน่งเชิงมุมของแถบมืด เมื่อ b เป็นความกว้างช่องแคบ m เป็นเลขจำนวนเต็ม และ λ เป็นความยาวคลื่น จะเห็นว่าปริมาณ $\sin \theta = \frac{m\lambda}{b} \leq 1$ ดังนั้นจำนวนแถบมืด

มากที่สุดก็คืออัตราส่วน $\frac{b}{\lambda}$ นั่นเอง การมีแถบมืดจำนวนมากเกินไป



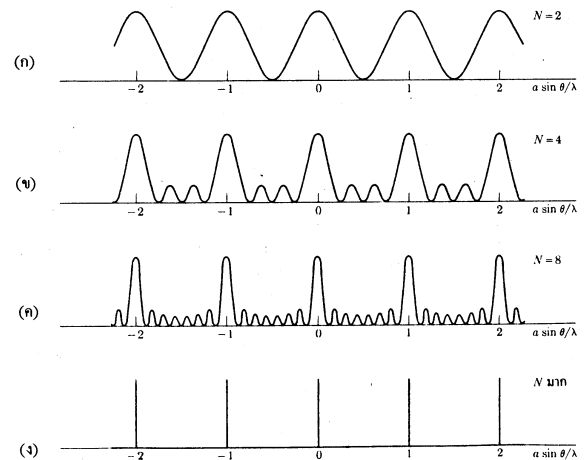
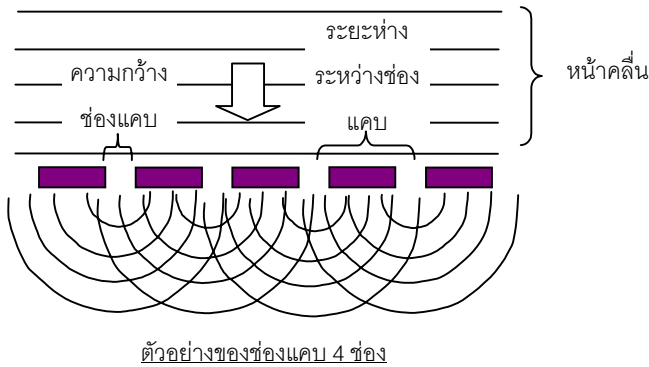
(ก)



(ข)

รูปที่ 1 ผลของการเลี้ยวเบนของแสงเอกรงค์ (ก) ผ่านช่องแคบเดี่ยว และ (ข) ที่ขอบใบมีดโกนหนวด (ภาพ (ก) จาก [1] และภาพ (ข) จาก [2])

เรียนเล่นฟิสิกส์



รูปที่ 2 (ซ้าย) นิยามของความกว้างช่องแคบและระยะห่างระหว่างช่องแคบ (ขวา) ผลของการแทรกสอดของแสงเอกรงค์ผ่านช่องแคบจำนวน (ก) 2 ช่อง (ข) 4 ช่อง (ค) 8 ช่อง และ (ง) มาก ๆ (เกรตติง) [3]

อาจทำให้เห็นแถบมืดได้ไม่ชัดเจนนัก แต่ถ้าน้อยไปก็จะได้ยาก เพราะต้องใช้ช่องแคบที่แคบมาก ๆ

ตัวอย่างหนึ่งที่ทำให้เราได้เห็นปรากฏการณ์เลี้ยวเบนด้วยอุปกรณ์ที่มีอยู่ทั่วไปในชีวิตประจำวันแสดงให้ดูไว้ในรูปที่ 3 ผู้เขียนได้ถ่ายรูปการเลี้ยวเบนของแสงสีเหลืองซึ่งเข้าใจว่าเป็นหลอดโซเดียมผ่านตะแกรงมุ้งลวด แต่ละช่องของตะแกรงมุ้งลวดเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส กว้างด้านละประมาณ 800 ไมโครเมตร (0.8 มิลลิเมตร) ถ้าเทียบกับความยาวคลื่นของแสงสีเหลืองซึ่งมีค่าประมาณ 650 นาโนเมตรแล้ว ช่องแคบนี้กว้างกว่าความยาวคลื่นเกือบพันเท่า ซึ่งก็ควรเป็นจำนวนแถบมืดทั้งหมดที่จะเกิดขึ้น จากรูปที่ถ่ายได้เราสังเกตเห็นแถบมืดได้เพียง 3-4 แถบเท่านั้น (จริง ๆ ก็

เพราะมีแถบสว่างไม่มากนักเอง เพราะแถบมืดต้องถูกประกบด้วยแถบสว่าง) ด้วยความสว่างของหลอดและฉากพื้นหลังที่มีดสนิท (เพราะเป็นกลางคืน) ทำให้ได้ภาพที่ค่อนข้างสวยงาม ข้อสังเกตอีกประการคือว่าการเลี้ยวเบนเกิดขึ้นทั้งในแนวราบและแนวดิ่งตามสมมาตรของช่องสี่เหลี่ยม เราคงทราบกันดีว่าการเลี้ยวเบนผ่านช่องกลมก็ให้แถบมืดแถบสว่างที่เป็นวงกลมเช่นกัน ขนาดของภาพโดยใช้ $m = 4$ คำนวณจากสูตร $b \sin \theta = m\lambda$ ได้ค่าประมาณ 6/1,000 เรเดียน กล่าวคือ ถ้าวางฉากรับภาพห่างจากตะแกรงมุ้งลวด 1,000 มิลลิเมตร ภาพก็ควรมีขนาดประมาณ 6 มิลลิเมตร ซึ่งค่อนข้างใกล้เคียงกับที่เห็น ในรูปที่ 4 ผู้เขียนพยายามเชื่อมโยงให้เห็นว่ารูปแบบการเลี้ยวเบนที่เกิดขึ้นในสถานการณ์นี้เป็นอย่างไร

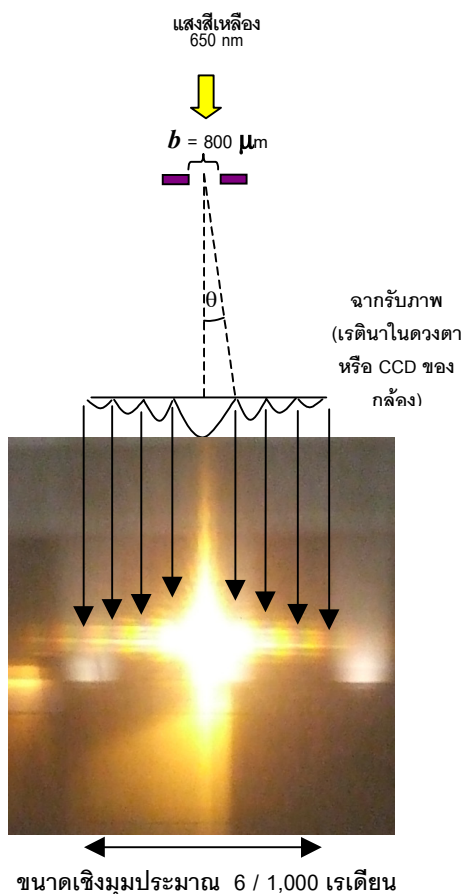


(ก)



(ข)

รูปที่ 3 ภาพของแสงสว่างจากหลอดไฟข้างตึกเมื่อ (ก) ถ่ายด้วยกล้องดิจิทัล Fuji S5600 และ (ข) ถ่ายด้วยกล้องดิจิทัล Fuji S5600 ผ่านตะแกรงมุ้งลวดที่มีช่องสี่เหลี่ยมจัตุรัสยาวด้านละ 0.8 มิลลิเมตร



รูปที่ 4 ภาพเขียนแสดงการเกิดแถบมืด แถบสว่าง เทียบกับภาพที่ถ่ายได้
(โปรดดูภาพสีที่ปกหลัง)

ເອກສາຣອ້າງອິງ

- [1] Raymond A. Serway and John W. Jewett, Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics 6th Ed., Thomson Brook/Cole (2004).
- [2] David Halliday, Robert Resnick and Jearl Walker, Fundamentals of Physics 7th Ed., Wiley (2005).
- [3] คณาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ฟิสิกส์ 2, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2534)

ผลคำนวณพื้นที่ 22 : อัตราเร็ว 0.001 = 4.7 เมตร/วินาที และกระโดดสูง = 70 ซม. (เพื่อป้องกันการล้น)

เวลา คือ การดำรงอยู่และความเปลี่ยนแปลง

ชาญกิจ คั่นช่อง

ปฐมลิขิต: บทความชุด “เหลียมเพชรเมื่องามวิชาแม่เหล็กไฟฟ้า” ยังไม่จบนะครับ เราได้อธิบายสมการแมกซ์เวลล์ในส่วนอดีตแล้ว ผมขอค้นรายการด้วยการอภิปรายประเด็นพลศาสตร์ต่อไปนี่ก่อน เพื่อนำไปอธิบายส่วนพลศาสตร์ของสมการแมกซ์เวลล์ต่อไป และ ต้องขอภัยท่านผู้อ่านครับ ผมเคยเขียนเรื่อง พลังงาน ในวารสาร ฟิสิกส์ไทย มีข้อผิดพลาด เนื่องจากไม่ได้ค้นดีพอ ผมได้แก้ไขใน บทความบทนี้แล้ว

“Fundamentally, things never change.”

N. Spielberg and B.D. Anderson [1]

มีคนกล่าวว่า “โลกนี่คือความเปลี่ยนแปลง ดังนั้นคนเราต้องเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา” ก็อาจเถียงได้ว่า “โลกนี้นอกจากด้านเปลี่ยนแปลงแล้ว ยังมีด้านอนุรักษ์อยู่อีกครึ่งหนึ่งด้วย เช่น โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ และหมุนรอบตัวเองอย่างคงที่มานับพันล้านปีแล้ว วันเดือนปีและฤดูกาลจึงคงที่เอื้อบรรรยากาศและสิ่งแวดล้อมแก่สิ่งมีชีวิต ถ้าโลกนี้มีแต่ความเปลี่ยนแปลง ก็ไม่ยั่งยืนให้สิ่งมีชีวิตมีวิวัฒนาการ และสังคมเจริญ ก้าวหน้า งอกงามขึ้นไปได้” บทความนี้จะให้ข้อเถียงว่า “แท้จริงแล้ว ความเปลี่ยนแปลงและความอนุรักษ์ (ในฟิสิกส์) เป็นสิ่งเดียวกัน **ไม่ใช่แค่ ‘เหรียญคนละหน้า’ แต่เป็น ‘หน้าเดียวกัน’ !!**”

อวกาศและเวลา

เอกภพในขอบเขตนิวตัน (Newton regime: ไม่สัมพัทธภาพและไมควอนตัม) มีสถานะที่อยู่ คือ อวกาศ 3 มิติแบบยุคลิด ($\mathbf{R}^3$) เมื่ออวกาศนี้มีอยู่ (existence) ก็ดำรงอยู่ต่อไป ไม่สามารถสูญหายได้ ถ้าในอวกาศมีอนุภาคสสารอยู่เพียงตัวเดียว อวกาศที่สมมาตรว่างเปล่าไม่อาจทำอะไรกับอนุภาคนี้ได้แต่พากันดำรงอยู่ไป ไม่อาจสาบสูญ นี่คือ จุดเริ่มต้นของ เวลา และ หลักอนุรักษ์ในฟิสิกส์ ซึ่งเป็นจุดเชื่อมโยงความเปลี่ยนแปลงและความอนุรักษ์ให้เป็นสิ่งเดียวกัน บนฐาน concept คือ ความสมมาตรของอวกาศและเวลา

ถ้าในอวกาศมีอนุภาคสสารอยู่เพียงตัวเดียว เราก็ทราบว่า อนุภาคนี้น่าจะอยู่ในอวกาศ แต่ไม่อาจนิยาม concept ตำแหน่งและการเคลื่อนที่ของอนุภาค แต่ถ้าในอวกาศนี้มีอนุภาคสสารอยู่อีกตัว

ซึ่งก็จะดำรงอยู่ไปเช่นกัน อนุภาคทั้งสองเป็นอิสระ ไม่ได้ผูกติดกัน จะอยู่รวมอวกาศเดียวกันได้อย่างไร? คำตอบคือ โดยการเคลื่อนที่สัมพันธ์กัน อนุภาคตัวหนึ่งจะเคลื่อนที่เทียบกับอนุภาคอีกตัวหนึ่ง ดังนั้น การเคลื่อนที่ คือ วิธีดำรงอยู่ของอนุภาคสารในอวกาศ

ในบทความ [2] เราได้กล่าวถึง อวกาศ ว่ามีสัจพจน์พื้นฐาน ได้แก่ มีสมบัติเชิงเส้น (ต่อเนื่อง, เรียบ, และมีมิติ), สมบัติเรขาคณิต (แบบยูคลิด = ทุกฎพีทาโกรัส), และ สมบัติสมมาตร (หลักสมมาตร หรือ หลักสัมพัทธภาพ) ในที่นี้จะกล่าวถึง เวลา ซึ่งเป็นการดำรงอยู่ของอวกาศ โดยตัวมันเองมีสัจพจน์พื้นฐานทำนองเดียวกัน ได้แก่ สมบัติเชิงเส้น (ต่อเนื่อง, เรียบ, และมีมิติเดียว เพราะอวกาศและวัตถุมีการดำรงอยู่เดียว), สมบัติขนาด (หรือระยะเวลา ซึ่งเป็นสมบัติเรขาคณิตใน 1 มิติ), และ สมบัติสมมาตร (หลักสมมาตร หรือ หลักสัมพัทธภาพ) อาจกล่าวถึงหลักสมมาตรของเวลาได้ว่า เวลาเป็นเอกพันธ์ (homogeneous) หมายถึง เมื่อเริ่มต้นตั้ง (set) เงื่อนไขเริ่มต้นแบบหนึ่งให้แก่ระบบฟิสิกส์ใดเดี่ยว ระบบนี้ก็จะมีการพัฒนาการต่อไปอย่างเดิม ไม่ว่าจะเริ่มต้นตั้งที่เวลาเท่าใดก็ตาม เช่น ปีนี้หรือปีหน้า หรืออีกนัยหนึ่ง ทุกขณะเวลามีบทบาทต่อระบบฟิสิกส์เหมือนกัน ดังนั้นสำหรับอนุภาคพื้นฐานที่มีสมบัติพื้นฐานเฉพาะตัว (intrinsic) เช่น มวล, ประจุ, สปิน, ฯลฯ แต่ไร้โครงสร้างภายใน (structureless particle) อันตรกิริยาภายนอกไม่อาจทำอะไรกับภายในตัวอนุภาคนี้ ได้แต่พาอนุภาคทั้งตัวให้เปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ ดังนั้นถือว่า เฉพาะตัวของอนุภาคพื้นฐาน เป็นระบบฟิสิกส์ใดเดี่ยว, เวลา ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงสมบัติเฉพาะตัวของอนุภาค [รวมถึง การย้ายที่ (shift) ในอวกาศด้วย] อีกด้านหนึ่ง เวลาต่างจากอวกาศที่ไม่ isotropic คือ มีลูกศรของเวลา (arrow of time) [3; หน้า 147-157] กล่าวคือ ลำดับเหตุการณ์ต่างๆ ในเอกภพ อดีต-ปัจจุบัน-อนาคต unique ไม่มีผู้สังเกตใดสามารถเห็นลำดับย้อนกลับได้

เราไม่สามารถนึกภาพ

(ก) อวกาศที่ปราศจากเวลา เพราะเป็นอวกาศที่ปราศจากการดำรงอยู่

(ข) วัตถุฟิสิกส์ที่ปราศจากอวกาศและเวลา เพราะไม่มีที่อยู่ที่วัตถุฟิสิกส์

(ค) อวกาศและเวลาที่ปราศจากวัตถุฟิสิกส์ เพราะวัตถุฟิสิกส์เป็นตัวนิยามขนาดอวกาศ (ระยะทาง) และขนาดเวลา (ระยะเวลา) ที่ unique โดยใช้ระบบฟิสิกส์ที่เสถียรต่ออันตรกิริยา

ภายนอก เช่น ไม้วัดเกร็ง (rigid measuring rod) และ นาฬิกา ที่ถูกประมาณว่าเป็นระบบฟิสิกส์ใดเดี่ยว จาก หลักสมมาตรของอวกาศและเวลา ทำให้ระบบเหล่านี้มี regular ในขนาดและวิวัฒนาการตามลำดับ จึงถูกใช้นิยามหน่วยวัดระยะทางและเวลาตามลำดับ

องค์ประกอบทั้งสามของเอกภพ คือ อวกาศ, เวลา, และ วัตถุฟิสิกส์ มีมาพร้อมกันหมด ไม่อาจแยกแยะออกจากกัน การแยกแยะทำได้เพียงตั้ง “ชื่อ” หรือ “คำ” เท่านั้น ไม่สามารถโดดเดี่ยว (isolate) ความหมายออกจากกัน ไม่เช่นนั้นจะกลายเป็นเพียงแค่ “ถ้อย” ที่ไม่สื่อความหมาย (นี่คือทัศนคติการมองธรรมชาติแบบปรัชญาสำนักโครงสร้างนิยม [4; หน้า 175-177, 183, 186]) แม้กระนั้น การทำความเข้าใจเอกภพยังจำเป็นต้องทำการศึกษาและจำลองเข้ามาในความคิดทีละส่วน เปรียบเสมือนการสร้างแผนที่จำลองโลกขึ้นทีละส่วน แต่ความจริงแล้วแผนที่ทุกแผ่นจำเป็นต้องประสานกัน และเชื่อมต่อเข้าหากันทั้งหมด จึงจะให้ภาพโลกที่สมบูรณ์ (ดูทัศนคติงานนี้ เช่น [3; หน้า 182-183])

“Energy is what makes it go.”

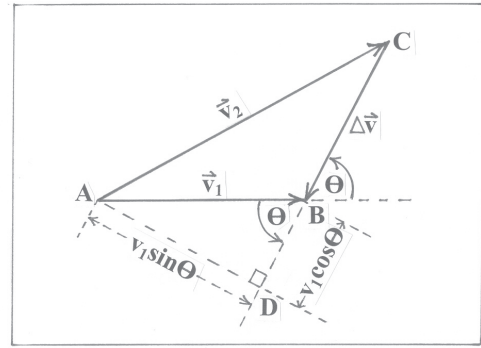
N. Spielberg และ B.D. Anderson [1]

อนุภาค

ทุกสิ่งทุกอย่างดำรงอยู่และดำเนินต่อไปแสดงด้วยเวลามากขึ้น เมื่อเวลามากขึ้น $t \rightarrow t + dt$ ก็จะพาอนุภาคมุ่งกินเส้นทางไปในอวกาศ ตัวแปรที่เก็บข้อมูลทั้งหมดของการเปลี่ยนแปลงในเวลาของอนุภาค คือ trajectory $\vec{r}(t)$ แต่ตัวแปรที่สะสมไปตามเวลาพื้นฐานที่สุด คือ ระยะทาง (arc length) $s(t)$ ที่อนุภาคมุ่งเดินไปมากขึ้น ทำให้ใช้ ปริมาณอัตราเร็ว $v = \frac{ds}{dt}$ แสดง “ระดับความเปลี่ยนแปลงของอนุภาคในอวกาศไปตามเวลา ณ ขณะเวลาหนึ่ง” (เราไม่ใช้ความเร็ว बदล $\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$ เพราะมีทิศเป็นข้อมูลส่วนเกิน ไม่ว่าอนุภาคมุ่งไปในทิศทางใดก็สะสมระยะทาง ds ในช่วง $t \rightarrow t + dt$ เหมือนกัน) ถ้าไม่มีอะไรกระทำต่ออนุภาค อนุภาคก็เคลื่อนที่อย่างเดิมในอวกาศสมมาตร โดยมุ่งเป็นเส้นตรงด้วยอัตราเร็วคงที่ แต่เมื่อมีแรง $\vec{F}$ กระทำกับอนุภาค สิ่งแวดล้อมรอบอนุภาคก็สูญเสียสมมาตร อนุภาคก็เปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่โดยเปลี่ยนอัตราเร็วและทิศการเคลื่อนที่ไปจากเส้นตรง แสดงดังสมการ

$$\vec{F} = m \frac{d\vec{v}}{dt} \quad (1.1)$$

โดยที่มวล m แสดงสมบัติเฉพาะตัวของอนุภาคในการเคลื่อนที่ตอบสนองต่อแรง ถามว่า ถ้าแรง $\vec{F}$ กระทำให้อนุภาคเปลี่ยนความเร็ว เช่น จาก $\vec{v}_1$ เป็น $\vec{v}_2$ จะทำให้ อัตราเร็ว เปลี่ยนแปลงอย่างไร? วิเคราะห์จากสามเหลี่ยมการบวกของ $\Delta\vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$ เนื่องจากอยู่ในอวกาศที่มีสมบัติเรขาคณิตแบบยูคลิดทำให้สามเหลี่ยมนี้มีความสัมพันธ์ของขนาดด้านรอบรูปตามทฤษฎีบทพีทาโกรัส (ดังรูปที่ 1) ดังนี้



รูปที่ 1 แสดงสามเหลี่ยมการบวกเวกเตอร์ของ

$$\Delta\vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$$

$$\begin{aligned} v_2^2 &= (v_1 \sin \theta)^2 + (v_1 \cos \theta + |\Delta\vec{v}|)^2 \\ &= v_1^2 + \{2\}|\Delta\vec{v}|v_1 \cos \theta + |\Delta\vec{v}|^2 \\ \vec{v}_2 \cdot \vec{v}_2 &= \vec{v}_1 \cdot \vec{v}_1 + \{\vec{v}_1 \cdot \Delta\vec{v} + \Delta\vec{v} \cdot \vec{v}_1\} + \Delta\vec{v} \cdot \Delta\vec{v} \\ &= (\vec{v}_1 + \Delta\vec{v}) \cdot (\vec{v}_1 + \Delta\vec{v}) \\ \Delta(v^2) &= \Delta(\vec{v} \cdot \vec{v}) \equiv v_2^2 - v_1^2 \\ &= \{\vec{v}_1 \cdot \Delta\vec{v} + \Delta\vec{v} \cdot \vec{v}_1\} + \Delta\vec{v} \cdot \Delta\vec{v} \\ &= \{2\} \left(\Delta t \frac{\langle \vec{F} \rangle}{m} \right) \cdot \vec{v}_1 + O[(\Delta t)^2] \\ &= \{2\} \frac{\langle \vec{F} \rangle}{m} \cdot \Delta \vec{r} + O[(\Delta t)^2] \end{aligned} \quad (1.2)$$

ดังนั้น $\vec{F}$ ใน (1.1) ทำให้ อัตราเร็ว เปลี่ยนแปลงไปโดยวิธี

$$\begin{aligned} \Delta \left(\left\{ \frac{1}{2} \right\} m v^2 \right) &= \langle \vec{F} \rangle \cdot \Delta \vec{r} + O[(\Delta t)^2] \quad \text{หรือ} \\ d \left(\left\{ \frac{1}{2} \right\} m v^2 \right) &= \int_1^2 d\vec{r} \cdot \vec{F} \end{aligned} \quad (1.3)$$

หรือ แรง กระทำต่อ “ระดับความเปลี่ยนแปลงในเวลาของอนุภาค” ในรูปของปริมาณพลังงานจลน์ $K = \frac{1}{2} m v^2$ มีคำถามว่าทำไม K อยู่ในรูปแบบกำลังสอง, มีสัมประสิทธิ์ $\{1/2\}$, และทำไมต้องเป็นตัวเลข 2 ด้วย? คำตอบก็มาจากสมบัติเรขาคณิตของอวกาศที่มีทฤษฎีพีทาโกรัสเป็นสมการกำลังสองและมีสมมาตรของมุม ซึ่งสมมูลกับสมบัติเชิงเส้นคู่และสมบัติสลับที่ของผลคูณภายใน [5] จะให้สมการกำลังสองของและให้พจน์ไขว้สองพจน์ที่เท่ากันในวงเล็บ $\{ \}$ ที่แสดงในบรรทัดที่หนึ่งถึงหกของ (1.2) สองพจน์นี้จะให้ตัวเลข $\{2\}$ ในบรรทัดที่เจ็ด ซึ่งเมื่อจัดรูปตามข้อตกลงแบบ (1.1) ที่

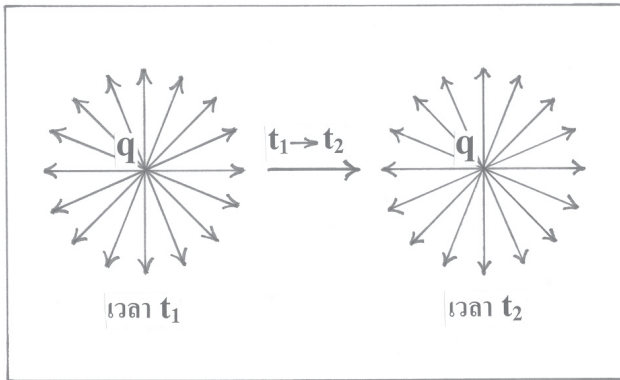
พยายามแยกตัวกระทำ ($\vec{F}$) กับตัวเคลื่อนที่ (m) ให้อยู่คนละข้างโดยไม่แฉกแฉมสัมพันธ์ตัวเลขใดล่อยไว้หน้า ($\vec{F}$) ก็จะได้สัมประสิทธิ์ $\{1/2\}$ ใน K [6]

สนามและปรากฏการณ์ในอวกาศและเวลา

สนามของแรง หมายถึง สนามที่ก่อแรงกระทำกับอนุภาคตัวสนามขึ้นกับ sources ไม่ขึ้นกับสมบัติอนุภาคที่ถูกกระทำ เช่น สนามไฟฟ้า และสนามแม่เหล็ก สนามของแรง กระทำปรากฏการณ์เปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ในอวกาศและเวลา (space-time phenomena) โดยตรง จึงต้องสอดคล้องกับหลักการพื้นฐานของสิ่งของ-ที่ว่าง [2] ฟิสิกส์ในขอบเขตนิวตันเป็นฟิสิกส์แบบฉบับ (classical physics) คือ มีปรากฏการณ์ในอวกาศและเวลาที่ unique และแน่นอน (determinism) (ส่วนในฟิสิกส์ควอนตัม ปรากฏการณ์ในอวกาศและเวลาไม่แน่นอน เกิดขึ้นตามโอกาสความน่าจะเป็น) เช่นเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคในอวกาศ unique และแน่นอน แสดงว่า ณ ทุกขณะเวลา สนามของแรงในอวกาศมีขนาดและเส้นสนาม unique และแน่นอน พิจารณากรณี sources แบบสถิต คือ sources ที่ตรึงอยู่กับกรอบเฉื่อยที่พิจารณา มีสนามได้ 2 แบบ คือสนามแผ่ และ สนามวน [2] ในที่นี้จะกล่าวถึงแต่อย่างแรก ดังนี้

สนามแผ่: เช่น สนามไฟฟ้าสถิต ($\vec{E}(\vec{r})$) ที่มีอนุภาคประจุ q เป็น source พื้นฐาน มีกฎของฟาราเดย์แบบสถิตบรรยายความ unique และแน่นอนของเส้นสนาม [5] ดังนี้

$$\begin{aligned} \vec{\nabla} \times \vec{E}(\vec{r}) &= \vec{\nabla} \times (-\vec{\nabla} V(\vec{r})) \equiv \vec{0} \quad \text{หรือ} \\ \int_1^2 d\vec{r} \cdot \vec{E}(\vec{r}) &= -\Delta V = -[V(\vec{r}_2) - V(\vec{r}_1)] \end{aligned} \quad (1.4)$$



รูปที่ 2 แม้ว่าเวลาผ่านไป จำนวนฟลักซ์ของจุดประจุก็ยังเท่าเดิม

(1) ในด้านอวกาศ [2, 7]: อนุภาค source มีสมมาตรของอวกาศแบบทรงกลมล้อมรอบ จึงให้เส้นสนามแผ่เป็นรูปเม่นแคระ (hedgehog) อย่างสมมาตร โดยมีฟลักซ์หรือ “จำนวนเส้นสนาม” คงที่ บรรยายได้ด้วย กฎของเกาส์ $\nabla \cdot \vec{E}(\vec{r}) = \rho(\vec{r})/\epsilon_0$

(2) ในด้านเวลา: 2.1) เนื่องจากอนุภาค source พื้นฐานไร้โครงสร้าง ถือว่าเป็นระบบโดดเดี่ยว จากหลักสมมาตรของเวลาได้ว่า เมื่อเวลาผ่านไป ทุกอนุภาคพื้นฐานก็ยังคงให้สนามด้วยฟลักซ์คงที่ในรูปแบบเดิมอย่าง unique (ก็ยังคงมีฟลักซ์คงที่ตามกฎของเกาส์และ unique ตามกฎของฟาราเดย์แบบสถิตเหมือนเดิม) ไม่เคยสูญหายไปไหน ดังรูปที่ 2 ซึ่งแสดงได้ด้วยการอนุรักษ์ของประจุ ทำให้ทุกมูลเหตุแห่งการเคลื่อนที่ในเอกภพไม่เคยสูญหายไปไหน เมื่อนำมูลเหตุเหล่านี้มาชุมนุมกันใหม่ และจัดรูปแบบให้เหมือนเดิม (ตั้งเงื่อนไขเริ่มต้น) ที่ไหนก็ได้ เมื่อไหร่ก็ได้ ในอวกาศและเวลา ก็เกิดปรากฏการณ์ในอวกาศและเวลาต่อไปเหมือนเดิม เช่น เปรียบเทียบกับอีกตัวอย่างหนึ่ง ต้มน้ำที่ระดับน้ำทะเลบนผิวโลกที่ไหนก็ได้ เวลาไหนก็ได้ (เมื่อประมาณว่าระบบฟิสิกส์ back ground ที่ทุกจุดบนผิวโลกมีสมมาตร) ก็ยังคงพบว่าเดือดที่อุณหภูมิ 100°C

ความสมมาตรของอวกาศและเวลาเป็นตัว “อกระทำ” ให้มูลเหตุเหล่านี้ดำรงอยู่ และมีอสรภาพที่จะเคลื่อนที่ กระทำต่อกันและกันตามมูลเหตุที่มีในตัวเอง

2.2) หลักสมมาตรของเวลาให้หลักอนุรักษ์พลังงานกล เมื่อมีอนุภาคทดสอบประจุ q เคลื่อนเข้ามาในสนามชนิดนี้ก็จะได้จาก (1.3) ว่าระบบนี้มีปริมาณพลังงานกลอนุรักษ์ในเวลานั่นเอง

$$E = \frac{1}{2}mv^2 + qV(\vec{r}) = \text{const.} \quad (1.5)$$

ผมขอทิ้งโจทย์การตีความสมการ (1.5) ไว้ในที่นี้



เอกสารอ้างอิง

- [1] N. Spielberg and B.D. Anderson, *Seven Ideas That Shook the Universe*, (John Wiley & Sons, 1987)
- [2] ชาญกิจ คันฉ่อง, “เหลื่อมเพชรเม็ดงามวิชาแม่เหล็กไฟฟ้า: ตอนที่ 2 กฎของบิโอท์-ซาวาร์ต” วารสารฟิสิกส์ไทย (มิ.ค. - พ.ค. 2550).
- [3] S. Hawking, *A Brief History of Time*, (Bantam, 1998).
- [4] ชูศักดิ์ ภัทธกุลวณิชช์, *เชิงอรรถวัฒนธรรม*, (มติชน, 2546).
- [5] ชาญกิจ คันฉ่อง, “เวกเตอร์ III: เรขาคณิต ผลคูณภายใน และเวกเตอร์ทั่วไป,” วารสารฟิสิกส์ไทย (มิ.ย.-ส.ค. 2549).
- [6] ขอขอบคุณ คุณ พงษ์ฤทธิ์ เจริญจิตติชัย ที่ช่วยงานอธิบาย “factor 2” ในทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไป
- [7] ชาญกิจ คันฉ่อง, “เหลื่อมเพชรเม็ดงามวิชาแม่เหล็กไฟฟ้า: ตอนที่ 1 กฎของเกาส์และกฎของฟาราเดย์แบบสถิต,” วารสารฟิสิกส์ไทย (ธ.ค. 2549 - ก.พ.2550).

จาก นสพ. Bangkok Post





เคียฟ

อิรพัฒน์ วัลย์ทอง



St. Sophia Cathedral

เกริ่นนำ

ถ้าคิดจะแวะไปหานายกสมาคมฟิสิกส์ไทยคนปัจจุบันที่บ้านก็หาไม่ยากหรอกครับ บอกง่าย ๆ ว่าบ้านที่มีงานติดอยู่เต็มรั้วนะ คงมีอยู่หลังเดียวเท่านั้นในจังหวัดเชียงใหม่ เรื่องของเรื่องก็คือคราใดที่อาจารย์ไปราชการต่างประเทศ แทนที่จะถ่ายรูปกลับมาเป็นที่ระลึกก็มักจะหอบหิ้วงานที่มีสัญลักษณ์ของสถานที่นั้นๆกลับมาแทน พร้อมด้วยบันทึกเกล็ดเล็กเกล็ดน้อยของภารกิจหรือเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้อง ตลอดช่วงเวลามากกว่า 20 ปีที่ทุ่มเทให้กับฟิสิกส์อย่างเดียว กลายเป็นมีงานจากต่างประเทศเต็มบ้าน (จนแม่บ้านค้อน) และได้อารยีกหลายตั้งอาจารย์ได้รวบรวมทำเป็นบันทึกความทรงจำแจกเพื่อนฝูงและคนใกล้ชิดในวาระเกษียณอายุราชการเมื่อปลายปีที่แล้วแบบ limited version เราเห็นว่าเป็นงานที่มีคุณค่าทางอาหาร(สมอง) จึงขอนำมาทยอยเสิร์ฟตบท้ายเป็นของหวาน โดยจะขอเริ่มตั้งแต่งานแรกที่ อาจารย์เริ่มสะสม

บก.

เดือนกันยายน ค.ศ. 1980 มีการประชุมวิชาการด้านฟิสิกส์นิวตรอนที่เมืองเคียฟ(Kiev) เมืองหลวงของสาธารณรัฐสังคมนิยมโซเวียตยูเครน ซึ่งเป็นหนึ่งในสิบห้ารัฐที่ประกอบขึ้นเป็นสหภาพสังคมนิยมโซเวียตรัสเซียขณะนั้น ผมตัดสินใจเขียน

จดหมายแบบลูกทุ่งไปถึงสถานทูตโซเวียตที่กรุงเทพฯ โดยตรง แจ้งที่มาที่ไปสั้นๆว่า เรากำลังสนใจที่จะพัฒนางานวิจัยด้านนิวตรอนที่เชียงใหม่ และคิดว่าการประชุมที่เมืองเคียฟจะเป็นประโยชน์อย่างมาก จึงอยากขอความสนับสนุนให้ผมและเพื่อนร่วมงานอีกท่านหนึ่งซึ่งผมเคารพนับถือเสมือนพี่สาว คือรองศาสตราจารย์ สุภาพณ เชียงใหม่ ได้ไปร่วมประชุมครั้งนี้ด้วย จำได้ว่ากระวนกระวายรออยู่หลายเดือน ในที่สุดผมก็ได้รับหนังสือตอบจากสถานทูตว่า สภาวิทยาศาสตร์ของสหภาพสังคมนิยมโซเวียต ยินดีเชิญผมและพี่สุภาพไปเข้าร่วมประชุมในฐานะแขกของสภาฯ โดยทางเขาจะรับผิดชอบค่าใช้จ่ายทั้งหมด

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ในยุคนั้นมีคนจบปริญญาเอกทางฟิสิกส์นิวเคลียร์อยู่เพียง 3 คน คนแรกคือศาสตราจารย์ ดร. ประสิทธิ์ เจริญขวัญ ซึ่งมาอยู่ก่อน ตามด้วยอาจารย์นรา (รองศาสตราจารย์ ดร.นรา จิรภัทรพิมล) และผม สมัยนั้น งานด้านฟิสิกส์นิวเคลียร์ยังไม่มีอะไรเป็นชิ้นเป็นอันมากนัก หลังจากที่ผมกลับจากสหรัฐอเมริกาได้เดือนเดียว อาจารย์นรา ผมและอาจารย์รุ่นเด็กอีกสามสี่คน ที่จำได้คือสมสร (รองศาสตราจารย์ ดร.สมสร สิงขรัตน์) วิวัฒน์ (ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิวัฒน์ ตียาสุนทรานนท์) และวีระพงษ์ (รองศาสตราจารย์ ดร. วีระพงษ์ เพศสุวรรณ) ก็สุมหัวกันคิดการใหญ่ ถือฤกษ์ดี วันที่ 31 พฤษภาคม ค.ศ. 1979 เราจับมือกันตั้งปณิธานว่าเราอยากให้เชียงใหม่เป็น

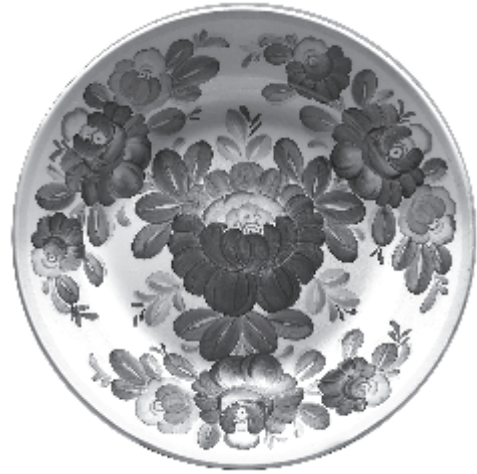
ประสบการณ์ฟิลิกส์

ผู้นำทางสาขาฟิลิกส์นิวเคลียร์ในประเทศไทยและในย่านเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ แล้วก็เริ่มวางแผน “รุก”

หัวใจของการศึกษาฟิลิกส์ของนิวเคลียร์ของธาตุต่างๆ คืออนุภาคกระสุนที่วิ่งเข้าไปทำปฏิกิริยานิวเคลียร์ในนิวเคลียส อนุภาคกระสุนมีอยู่สองชนิด คืออนุภาคประจุบวก ซึ่งต้องใช้เครื่องเร่งอนุภาค เร่งให้มีพลังงานสูงจะได้ฝ่าแรงผลักรวมของนิวเคลียสเข้าไปทำปฏิกิริยาได้ เครื่องเร่งอนุภาคประจุบวกนี้มีราคาสูงหลายสิบล้านบาท และในขณะนั้นจะอยู่ไกลเกินเอื้อมสำหรับประเทศไทย ส่วนอนุภาคกระสุนอีกชนิดคือนิวตรอนซึ่งไม่มีประจุสามารถผลิตจากเครื่องเร่งอนุภาคนขนาดเล็กและอยู่ในวิสัยที่จะสร้างขึ้นใช้งานเองได้ พวกเราจึงตัดสินใจที่จะเปิดแดนฟิลิกส์นิวเคลียร์ในประเทศไทยโดยใช้นิวตรอนเป็นอนุภาคทะลุทะลวง

วันที่ 10 กันยายน ค.ศ. 1980 ผมกับพี่สุภาพก็ติดปีกเหินฟ้าสู่กรุงมอสโก (Moscow) โดยสายการบินแห่งชาติรัสเซียแอร์โรฟลอต และขึ้นรถไฟต่อไปยังเมืองเคียฟ ในตู้รถนอนสำหรับสี่คน ผมได้พบกับคนท้องถิ่นอายุราวๆ ห้าสิบปี ชื่อเลนินสกี ซึ่งแนะนำตัวว่าเป็นผู้รับเหมาอยู่ที่เมืองเคียฟ เลนินสกีพูดภาษาอังกฤษได้ เลยได้เป็นเพื่อนคุยกันสัพเพเหระฆ่าเวลา เช้าวันรุ่งขึ้นก่อนจะลงจากรถไฟที่เมืองเคียฟ เขาได้ให้จานแวนนมหนึ่งใบ (ดังแสดงในรูปข้างบน) เป็นจานแวนนมใบแรกที่ผมมี และถือได้ว่าเป็นจุดเริ่มต้นของการสะสมจานแวนนมจากเมืองต่างๆ ทั่วโลก จนกระทั่งทุกวันนี้ เลนินสกีเองก็ได้เจอผมกับพี่สุภาพโดยบังเอิญอีกสองครั้งในเมืองเคียฟ

เคียฟเป็นเมืองที่เก่าแก่ที่สุดและสวยงามที่สุดเมืองหนึ่งของสหภาพโซเวียต มีอายุกว่า 1400 ปี ดำเนินมาแล้วสามพี่น้องชื่อ



(เชิญชมภาพสีที่ปกหลัง)

เคีย ซ็อคและโคริฟ เป็นผู้สร้างเมืองเคียฟขึ้นในคริสต์ศตวรรษที่หก เคียฟจึงตั้งขึ้นตามชื่อ เคีย ซึ่งเป็นชื่อของพี่ชายคนโต ในสมัยโบราณเมืองเคียฟเป็นที่อยู่ของชาวสลาฟตะวันออก ชนชาติที่อยู่ร่วมกันฉันท์พี่น้องและเริ่มเติบโตใหญ่ในขณะนั้นก็คือ รัสเซีย, ยูเครนเนียน และ บายโลรัสเซีย ในคริสต์ศตวรรษที่ 10 เคียฟมีฐานะเป็นเมืองหลวงของ เคียฟรุส มลรัฐแรกของรัสเซีย ยุคโบราณ ในช่วงเวลานี้ภาษาเขียน วรรณคดี ภาพวาด สถาปัตยกรรม และศิลปะประยุกต์เริ่มเจริญรุ่งเรือง มหาวิทยาลัยกนูญโซเฟียซึ่งได้รับการยอมรับว่าเป็นสถาปัตยกรรมรัสเซียชิ้นแรก สร้างขึ้นในคริสต์ศตวรรษที่ 11 เป็นสัญลักษณ์แห่งความรุ่งโรจน์ชิ้นหนึ่งของเคียฟรุส

ปี ค.ศ.1240 ข่าน บาดูหัวหน้าชนเผ่าเลี้ยงสัตว์ชาวมองโกลเข้ายึดครองเมืองเคียฟและอยู่ต่อมาเป็นเวลากว่า 100 ปี ตลอดระยะเวลาหลายร้อยปีต่อมาในประวัติศาสตร์ เคียฟเดินทางผ่านสงครามอย่างโชกโชน จนกระทั่งปี ค.ศ.1654 ยูเครน (Ukraine) รวมเข้ากับรัสเซีย สหสาธารณรัฐสังคมนิยมโซเวียต ก่อกำเนิดขึ้นในปี ค.ศ.1932 และในปี ค.ศ. 1934 เคียฟได้เป็นเมืองหลวงของสาธารณรัฐสังคมนิยมโซเวียตยูเครน

ผมได้บันทึกเรื่องราวของการเดินทางครั้งนั้นในสมุดฉีกเล่มเล็กๆ ของธนาคารเอเชียทรัสต์ จำกัด เป็นสมุดบันทึกรอยทางแห่งเวลาเล่มแรกของผม และจานแวนนมที่ได้รับจากเลนินสกีที่สถานีรถไฟในเมืองเคียฟก็เป็นจานใบประวัติศาสตร์ใบแรกของชีวิต





สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี National Astronomical Research Institute of Thailand



ปีสุริยฟิสิกส์สากล

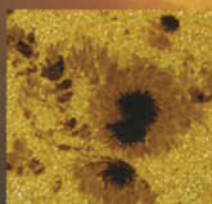
International Heliophysical Year

IHY 2007

ความหมายของปีฟิสิกส์สุริยะ

ปีสุริยฟิสิกส์สากล 2007 (International Heliophysical Year, 2007 : IHY 2007) ปี พ.ศ. 2550 (ค.ศ. 2007) เป็นปีที่สหพันธ์ฟิสิกส์ธรณีแห่งอเมริกาได้กำหนดให้มีการฉลองครบรอบ 50 ปีแห่งปีฟิสิกส์ธรณีสากล (International Geophysical Year, IGY) และครบรอบ 50 ปีแห่งการสำรวจอวกาศ โดยในปี พ.ศ. 2550 นี้จะเป็นปีที่จะเริ่มกิจกรรมปีฟิสิกส์สุริยะสากลขึ้นที่จะขยายฐานของงานด้าน “ฟิสิกส์ธรณี” ไปสู่ทางด้าน “ฟิสิกส์สุริยะ” และการวางแผนให้มีการวิจัยทางด้านฟิสิกส์สุริยะในอีก 50 ปีข้างหน้า โครงการปีฟิสิกส์สุริยะนี้มีนักวิทยาศาสตร์เข้าร่วมประมาณ 60,000 คนจาก 67 ประเทศ วัตถุประสงค์ของกิจกรรมเพื่อให้มีความเข้าใจในเชิงลึกในกระบวนการทางฟิสิกส์สุริยะที่ควบคุมกลไกต่างๆภายในดวงอาทิตย์ บรรยากาศของดวงอาทิตย์ เช่น สนามแม่เหล็กและการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากดวงอาทิตย์ เป็นต้น และผลกระทบของดวงอาทิตย์ที่มีต่อโลก เช่น พายุสุริยะ รังสีอันตรายที่แผ่ออกมาจากดวงอาทิตย์ เป็นต้น โดยให้มีการศึกษาวิจัยอย่างหลากหลายในเรื่องดังกล่าว รวมทั้งกิจกรรมการบริการวิชาการเพื่อเข้าถึงประชาชน (Public Outreach) และกิจกรรมทางการศึกษา (Education) เพื่อให้ประชาชนมีความเข้าใจมากขึ้นเกี่ยวกับดวงอาทิตย์และผลของดวงอาทิตย์ที่มีต่อโลก และให้มีการจัดเนื้อหาการเรียนรู้นี้ในเรื่องดังกล่าวแก่นักเรียนและนักศึกษาด้วย

ปี พ.ศ. 2550 ซึ่งเป็นปีมหามงคลที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช ทรงมีพระชนมายุครบ 80 พรรษา สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติจึงจะร่วมดำเนินกิจกรรมปีฟิสิกส์สุริยะกับองค์การนาซาและสหพันธ์ฟิสิกส์ธรณีแห่งอเมริกาโดยจะจัดกิจกรรมการบริการวิชาการในรูปแบบของการบรรยาย/เสวนา นิทรรศการและประชุมวิชาการ เพื่อเข้าถึงประชาชนโดยการให้ความรู้เกี่ยวกับดวงอาทิตย์ ระบบสุริยะ และผลกระทบของดวงอาทิตย์ต่อโลก รวมทั้งการสร้างความรู้ความตระหนักและความตื่นตัวเรื่องผลของดวงอาทิตย์และปัญหาสิ่งแวดล้อมด้วย สำหรับด้านการวิจัยจะเริ่มให้กลุ่มวิจัยและส่งเสริมและสนับสนุนการดำเนินการวิจัยด้านฟิสิกส์สุริยะ



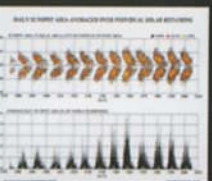
จุดบนดวงอาทิตย์ (Sunspot)

จุดบนดวงอาทิตย์ เกิดอยู่ที่ผิวของดวงอาทิตย์หรือที่ชั้นบรรยากาศโฟโตสเฟียร์ ซึ่งพื้นผิวบริเวณนั้นของดวงอาทิตย์ที่มีความเข้มของสนามแม่เหล็กสูงมากทำให้การเคลื่อนที่ของก๊าซถูกจำกัดเป็นผลให้บริเวณนั้นมีอุณหภูมิต่ำกว่าบริเวณรอบข้าง จึงเห็นเป็นจุดดำเมื่อมองเทียบกับพื้นผิวดวงอาทิตย์รอบข้างที่สว่างจ้ากว่า



ลมสุริยะ (Stellar Wind)

ลมสุริยะ (Stellar Wind) เป็นกระแสของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าที่พัดออกมาจากชั้นโคโรนาของดวงอาทิตย์ ส่วนใหญ่ประกอบด้วยอิเล็กตรอนและโปรตอน ลมสุริยะอาจมีความเร็วสูงถึง 900 กิโลเมตรต่อวินาที ความเร็วเฉลี่ยของลมสุริยะเมื่อมาถึงโลกประมาณ 400 กิโลเมตรต่อวินาที



แผนภูมิผีเสื้อ (Butterfly Diagram)

เกิดจากการที่จุดบนดวงอาทิตย์มีจำนวนไม่แน่นอน โดยความแปรผันของจำนวนจุดนี้มีลักษณะวนเป็นคาบที่ค่อนข้างสม่ำเสมอโดยจะอยู่ในช่วงระยะเวลาประมาณ 8-16 ปี และมีค่าเฉลี่ยประมาณ 11 ปี โดยถ้าจำนวนจุดต่อเวลาทำเป็นแผนภูมิ จะพบว่าแผนภูมิที่ได้จะเป็นรูปคล้ายผีเสื้อ



Swedish 1-m Solar Telescope: SST

กล้องโทรทรรศน์สุริยะสวีเดน (Swedish 1-m Solar Telescope: SST) เป็นกล้องโทรทรรศน์มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร ตั้งอยู่บนเกาะ ลา พาเลมา (La Palma) ประเทศสเปน โดยกล้องโทรทรรศน์สุริยะสวีเดน ทำหน้าที่เฝ้าสังเกตการณ์และศึกษาปรากฏการณ์บนดวงอาทิตย์

ติดต่อ

เชียงใหม่ (สำนักงานชั่วคราว)

อาคารฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200
โทรศัพท์ 0-5322-5569 โทรสาร 0-5322-5524

กรุงเทพ (สำนักงานประสานงาน)

ชั้น 2 สำนักงานปลัด กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ถนนพระราม 6
เขตราชเทวี กทม.10400
โทรศัพท์ 0-2354-3756 โทรสาร 0-2354-3794

Website : <http://www.narit.or.th>

Email : info@narit.or.th



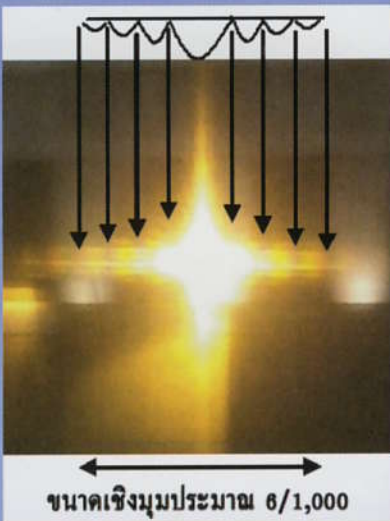
เคียฟ (Kiev)

อ่านรายละเอียดที่ หน้า 29

สมาคมฟิสิกส์ไทย • THAI PHYSICS SOCIETY

ตู้ ปณ. 217 มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50202

P.O.Box 217 Chiang Mai University, Chiang Mai 50202, THAILAND



ขนาดเชิงมุมประมาณ 8/1,000

โปรดดูรายละเอียดที่หน้า 25

สิ่งตีพิมพ์

หากไม่ถึงผู้รับ โปรดส่งคืน
สมาคมฟิสิกส์ไทย