



Thai Journal of Physics

วารสาร

ฟิสิกส์ไทย

วารสารสำหรับผู้ที่ยรักและสนใจในแวดวงฟิสิกส์ ISSN 0857-1449

นาโนคอมโพสิต
หน้าต่างของนิวตัน

ความเข้าใจผิดเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ในทิศทางเดียว
แนวคิดของ Chu เรื่องภาวะโลกร้อนและการขาดแคลนพลังงาน

Sweden

Denmark

The Netherlands

Belgium

Luxembourg

Germany

France

ALICE EHC CMS
ATLAS LHCb

Switzerland

จากพรมแดนความรู้ฟิสิกส์อนุภาคสู่การศึกษาที่ สุดของเอกภพ

ปีที่ 23 ฉบับที่ 1

มีนาคม - พฤษภาคม 2549



รูปที่ 1



รูปที่ 2



รูปที่ 3



รูปที่ 4



รูปที่ 5



รูปที่ 6



รูปที่ 7



รูปที่ 8

ในตำราฟิสิกส์พื้นฐานมักจะต้องมีรูปวาดภาพเหมือนของ เซอร์ไอแซค นิวตัน (เช่นรูปที่ 1) แต่พอดูหลายๆ เล่มเข้า (เช่นรูปที่ 2 และ 3) ก็เกิดความสงสัยว่า ท่านเซอร์มีหน้าตาอย่างไรกันแน่ เพราะแต่ละรูปไม่ค่อยเหมือนกันนัก คงมีผู้อ่านหลายท่านก็สงสัยอย่างนี้เหมือนกัน

เมื่อปลายปีที่แล้ว ผู้เขียนไปอ่านพบข่าวชิ้นเล็กๆ เรื่อง การโจรกรรมงานศิลป์ ที่ประเทศแคนาดา เป็นข่าวเก่าๆ ก็จริงแต่อาจช่วยคลายข้อสงสัยคาใจดังกล่าวข้างต้นได้

การโจรกรรมนั้นเกิดขึ้นกลางวันแสดๆ ของวันที่ 17 มกราคม 2004 ที่หอศิลป์แห่งออนตาริโอ ในโตรอนโต มีงานแกะสลักจากงาช้าง 5 ชิ้น ถูกฉกออกไปจากตู้โชว์ ซึ่งเป็นของที่ล้วนยืมมาจากบุคคลที่ร่ำรวยที่สุดในแคนาดา ผู้มีนามว่า **Lord Kenneth Thomson** อภิเษกเสกสมรสท่านนี้เป็นนักสะสมงานศิลป์ตัวเฒ่า ถึงแม้จะมีอยู่แล้วในครอบครองมากกว่า 2,000 ชิ้น แต่ก็รักทั้ง 5 ชิ้นที่หายไปมาก ท่านลอร์ดเคยเผยความในใจว่า *"They are a small part of my life."*

ของสำคัญทั้ง 5 ชิ้นนี้ ซึ่งมีมูลค่ารวมไม่ต่ำกว่า 1.15 ล้านเหรียญสหรัฐ ล้วนเป็นผลงานของ **David Le Marchand (1674-1726)** นักแกะสลักงาช้างนามอุโฆษของช่วงปลายศตวรรษที่ 17 ถึงต้นศตวรรษที่ 18 ในเวลานั้นยังไม่มีภาพถ่าย พวกผู้ดีมีอันจะกิน และ/หรือ มีชื่อเสียงของวงสังคมอังกฤษ จึงมักจะชอบมานั่งเป็นแบบให้ปฏิมากร Marchand (รูปที่ 4) แกะสลักภาพเหมือนของตัวเองลงบนงาช้าง มีลักษณะดังเช่นทั้ง 5 ชิ้น ที่ถูกโจรกรรมไป ดังแสดงใน รูปที่ 5-9

แต่ที่สำคัญกับเราก็คือ หนึ่งในห้าชิ้นนี้ เป็นรูปเหมือนของนิวตันที่ท่านมานั่งเป็นแบบด้วยตัวท่านเอง และเมื่อพิจารณาควบคู่กับระดับฝีมืออันเป็นที่ยอมรับของ Marchand ด้วยแล้ว ทำให้สามารถ พินิจ ลงไปได้ว่า เซอร์ไอแซค นิวตัน (1642-1727) มีหน้าตาเหมือนรูปที่ 9 นั่นเอง งานแกะสลักชิ้นนี้มีขนาดที่แท้จริงคือ 13.0 ซม. x 19.5 ซม. และมีมูลค่าประมาณ 350,000 เหรียญสหรัฐ [รูปที่ 5 คือ Sir Humphrey Morice : 1679-1731 รูปที่ 6 คือ Christopher Wren, Jr. : 1675-1747 รูปที่ 7 คือ Charles Mordaunt : 1658-1735 รูปที่ 8 คือ Anne, Countess of Sunderland กับบุตรสาว]

ในด้านของรูปคดีนั้น กลายเป็นว่าเมื่อทางตำรวจได้เผยแพร่ภาพของผู้ต้องสงสัย 3 คน ที่กล้องในหอศิลป์ถ่ายไว้ได้ไปตามสื่อต่างๆ ปรากฏว่าในวันที่ 31 มกราคม 2004 ขโมยตัวดี ได้ฝากให้ทนายความคนหนึ่งช่วยนำของทั้ง 5 ชิ้น มาคืนตำรวจโตรอนโต โดยไม่มีขึ้นไต่ถามสอบสวน คดีนี้ไม่มีข่าวว่าจับผู้ร้ายได้

ข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับ หน้าตาของนิวตัน

เรื่องโดย กานดา สิงขรัตน์



รูปที่ 9

สารบัญ

สวัสดี

- 2 : หน้าตาของนิวตัน
- 3 : สวัสดี
- 4 : สรุปข่าว
- 5 : เรื่องเด่นประจำฉบับ : จากพรมแดนความรู้ฟิสิกส์
อนุภาค
- 8 : โลกชีวฟิสิกส์ : แนวคิดการแก้ปัญหาขาดแคลน
พลังงาน
- 11 : ขอแนะนำ : กลุ่มฟิสิกส์อนุภาคและนิวเคลียร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
- 13 : ขอแถมด้วยคน : ความเข้าใจผิดเกี่ยวกับการเคลื่อนที่
- 16 : สรุปข่าวการประชุมแห่งชาติเรื่องฟิสิกส์ศึกษา
- 17 : กางตำราฟิสิกส์ : เวกเตอร์ I - “หน้าตาพื้นฐาน
ของสิ่งในเอกภพ”
- 19 : เรียนเล่นฟิสิกส์ : ฟิสิกส์ของแสงเชิงบรรยาย
- 22 : ฟิสิกส์ของวัสดุ : นาโนคอมโพสิต
- 25 : นาโนสาระ : เรียนรู้เรื่องควอนตัมคือท



กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ให้การสนับสนุน
ในการจัดพิมพ์วารสารฉบับนี้

ในฉบับเริ่มต้นปีใหม่ 2549 นี้ อยากจะขอประเดิมด้วย
เรื่องที่แสดงให้เห็นถึงผลงานภาพแห่งความน่าสนใจของวิชาฟิสิกส์
ที่เป็นหัวหอกเสมอ ในการนำพามนุษย์ก้าวไปในอนาคต และยังเป็น
ตัวอย่างที่เป็นจริง ถึงความเป็นไปได้ในการร่วมมือกันในระดับ
สากลนานาชาติในอภิมหะโปรเจกต์ เพื่อร่วมกันแก้โจทย์ที่มี
ความยากอย่างมาก (บทความที่หน้า 5)

ตัวอย่างนี้อาจจำเป็นอย่างยิ่งในอนาคตอันใกล้ ชาวฟิสิกส์
อย่างเราถูกสอนสั่งมาว่า ไม่มีอะไรเกิดขึ้นมาเองได้ (Continuity
equation) อะไรก็แล้วแต่ เมื่อมันเกิดขึ้นที่นั่น ก็ต้องแปลว่าอะไรก็
บางอย่างได้หายไปจากอีกที่หนึ่ง หรืออาจพูดสั้นๆ ได้ว่า “ไม่มีอะไร
ได้อะไรมา โดยไม่เสียอะไร(อย่างอื่น)ไป” ความเจริญก้าวหน้า
ทางวัตถุของโลกใบนี้จึงต้องแลกกับน้ำมันดิบที่กำลังจะหมดลงในอีก
50-60 ปีข้างหน้า และกับปริมาณแก๊สเรือนกระจกที่กำลังจะมาก
เกินไป (บทความที่หน้า 8)

โลกใบนี้กำลังเดินเข้าหาอนาคตที่มีความสุ่มเสี่ยงอย่างมาก
นานาชาติจะต้องร่วมด้วยช่วยกันลดการปลดปล่อยแก๊ส CO₂ และ
หาแหล่งพลังงานทดแทนอย่างเป็นรูปธรรมโดยเร็ววัน มิฉะนั้น
ลูกหลานได้ลำบากกันแน่

พบกันใหม่ฉบับหน้า : มิถุนายน 2549

กองบรรณาธิการ ชาญกิจ กันด่อง, ขงบุทท เหล่าศิริฉาว, รัตติกร ยืนนิธัญ, ศิรามาส โกมลจินดา, สมชาย เกียรติคุณชัย,
สุภาพ ชูพันธ์ หัวหน้ากองบรรณาธิการ สมสร สิงขรัตน์ ที่ปรึกษากองบรรณาธิการ กลชาญ อนันตสมบูรณ์, มานิต รุจิโรดม
ฝ่ายภาพและออกแบบปก มิณัฐ เมธีสุกุล, ราเชนทร์ เจริญกุล เลขานุการกองบรรณาธิการ กฤติยา โอสถาพันธุ์ พิมพ์ที่ หน่วยพิมพ์
เอกสาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ติดต่อกองบรรณาธิการ กองบก.ทิพย์ สมาคมฟิสิกส์ไทย ตู้ปณ.217 มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50202
โทรศัพท์ : 053-942464, 943379 โทรสาร: 053-222776 วารสารฟิสิกส์ไทย เป็นวารสารราย 3 เดือน มีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่
สาระ-ข่าวสาร และเป็นสื่อสัมพันธ์ในมวลหมู่สมาชิกและผู้สนใจในแวดวงฟิสิกส์ ส่งเสริมให้เกิดการแลกเปลี่ยนข้อมูลและ
ประสบการณ์เกี่ยวกับฟิสิกส์ในวงกว้างที่สร้างสรรค์ โดยความคิดเห็นและทัศนะที่ปรากฏอยู่ในบทความต่างๆ เป็นเฉพาะของผู้เขียน
แต่ละท่าน สมาคมฟิสิกส์ไทยไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป Website = <http://thip.org>

คณะกรรมการสมาคมฟิสิกส์ไทย ประจำปี 2548-2550 ที่ปรึกษา ดร.วิโรจน์ ดันตราภรณ์, รศ.ดร.วิจิตร เสงี่ยมพันธ์,
ศ.ดร.วิรุฬห์ สายคณิต, ศ.ดร.สุทัศน์ ยกส้าน, ผศ.ดร.วาทิพันธ์ ปรังญพฤทธิ์ นายกสมาคมฯ ศ.ดร.อิทธิวัฒน์ วัลย์ทอง อุปนายก
รศ.ดร.พิเชษฐ ลิ้มสุวรรณ เลขานุการ ดร.ศุภกิจ สุวรรณจอร์ รองเลขานุการ ดร.รัชชาติ มงคลนาวัน เจริญญิก ผศ.กานดา สิงขรัตน์
นายทะเบียน ผศ.ดร.ธีรวรรณ บุญญวรรณ ประธานสัมพันธ์ ผศ.ดร.รัชภาภ จิตต์อารี บรรณาธิการวารสารฟิสิกส์ไทย รศ.ดร.สมสร
สิงขรัตน์ บรรณาธิการจดหมายข่าวฟิสิกส์ ผศ.ดร.ประยูร ส่งศิริฤทธิกุล กรรมการ ประธานสาขาฟิสิกส์ สมาคมวิทยาศาสตร์
แห่งประเทศไทยฯ (ผศ.ศิลปชัย บุรณพานิช), ศ.ดร.คัสติส เครืองาม, ผศ.ดร.ขจรยศ อยู่ดี, ดร.อิทธิ ฤทธิภรณ์, รศ.ดร.จิตติ หนูแก้ว,
รศ.ดร.ชัยวิทย์ ศิลาวรรณานัน, รศ.ดร.นิกร มังกรทอง, รศ.ดร.วิระพงษ์ แพรสุวรรณ, ผศ.ดร.วิทยา อมรกิจบำรุง, รศ.ดร.พิกุล วัฒนากิจ,
คุณธรรมา ชินพิทักษ์, คุณสุธี เพชรราช, คุณเสรี เรืองชัย, ดร.นรินทร์ กาบบัวทอง, ผศ. สุรสิงห์ ไชยคุณ, คุณวัชร ดิสสะมาน



Kaname Ikeda

ได้ตัวผอ. ใหญ่ของ ITER แล้ว

หลังจากที่ตกลงกันได้เสียเมื่อ 28 มิถุนายน 2005 ว่า จะยอมให้คาเนอิกะอิเคดะไปสร้างกัมที่เมือง Cadarache ของประเทศฝรั่งเศส (ดูเพิ่มเติมที่วารสารฟิสิกส์ไทย ฉบับ ร.ศ. 2548 - ก.พ. 2549 หน้า 4) ต่อมาเมื่อวันที่ 7 พฤศจิกายน 2005 สมาชิกกลุ่มริเริ่ม 6 ประเทศ อันมี จีน, EU, ญี่ปุ่น, เกาหลีใต้, รัสเซีย และ สหรัฐอเมริกา ได้นัดกันมาประชุมอีกครั้งที่อาคารสำนักงานใหญ่ของทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (IAEA) ที่กรุงเวียนนา ประเทศออสเตรีย เพื่อสรรหา “ผู้อำนวยการใหญ่” ของโครงการ และในที่สุดก็ได้ลงมติกันอย่างเป็นเอกฉันท์เลือก **ดร. คานาเมะ อิเคดะ** ให้รั้งตำแหน่งนี้เป็นคนแรก และประสงค์ให้เริ่มงานในทันที

ดร. คานาเมะ อิเคดะ เรียนจบด้านวิศวกรรมนิวเคลียร์จาก University of Tokyo เมื่อปี ค.ศ. 1968 เป็นผู้ที่มีประสบการณ์สูงและกว้างขวางในการบริหารจัดการโครงการขนาดใหญ่ที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีขั้นสูง และมีความเป็นนานาชาติ เช่น เคยดำรงตำแหน่งผู้อำนวยการของ Materials Standards Division ของ MITI เคยเป็นรัฐมนตรีช่วยว่าการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และเคยเป็นรองผู้อำนวยการองค์การพัฒนาด้านอวกาศแห่งชาติของญี่ปุ่น ตำแหน่งสุดท้ายก่อนได้รับเลือกเป็น ผอ. ใหญ่ ITER คือเป็นเอกอัครราชทูตประจำโครเอเชีย มาตั้งแต่ปี ค.ศ. 2003

ในที่สุดนี้ขอถือโอกาสเพิ่มเติมข้อมูลใหม่ว่า จากการประชุมที่ประเทศเกาหลีใต้ เมื่อวันที่ 6 ธันวาคม 2005 ที่ประชุมมีมติให้รับประเทศอินเดียเข้าร่วมเป็นภาคีสมาชิกลำดับที่ 7

ประเทศไทยจะเป็นลำดับที่เท่าใด?

วัสดุใหม่ที่แข็งแกร่งกว่าเพชร

Natalia Dubrovinskaia และทีมงาน แห่ง University of Bayreuth ในแคว้นบาวาเรียของประเทศเยอรมนี ได้รายงานไว้ในบทความชื่อ “Aggregated diamond nanorods, the densest and least compressible form of carbon” ที่ตีพิมพ์อยู่ในวารสาร Applied Physics Letters เมื่อ 22 สิงหาคม 2005 ว่าพบวิธีทำคาร์บอนให้แข็งแกร่งกว่าเพชรชนิดซุกเพชรให้เป็นรอยได้ โดยการอัดโมเลกุลของคาร์บอน-60 หรือที่เรียกกันว่า “buckyball” จำนวนหนึ่งด้วยทั้งแรงอัด 20 gigapascals หรือ 20 GPa (ประมาณ 200,000 เท่าของความดันบรรยากาศ) พร้อมกับให้อุณหภูมิสูงถึง 2,500 เคลวิน (หรือประมาณ 2,200° C) ซึ่งจะทำให้เกิดวัสดุใหม่ที่เรียกว่า aggregated diamond nanorods (ADNR) จากการวิเคราะห์โดยใช้แสงซินโครตรอนของศูนย์ European Synchrotron Radiation Facility (ESRF) ณ เมือง Grenoble ในประเทศฝรั่งเศส คณะผู้วิจัยพบว่า ADNR มีความหนาแน่นมากกว่าเพชรธรรมชาติ 0.2 – 0.4 % นี่คือการสร้างคาร์บอนแบบที่หนาแน่นที่สุดเท่าที่เคยทดลองได้กันมา

ความแข็งของวัสดุจะประเมินจากค่า isothermal bulk modulus ซึ่งพบว่าของ ADNR มีค่า 491 GPa ในขณะที่ของเพชรธรรมชาติมีค่า 442 GPa ความแข็งของเพชรธรรมชาติเกิดจากการที่คาร์บอนอะตอมแต่ละตัวจับยึดอยู่กับคาร์บอนอะตอมตัวอื่นอีก 4 ตัวด้วยพันธะโควาเลนต์ แต่ ADNR จะประกอบจากแท่งนาโนรีดของเพชรจำนวนมากที่มาเกี่ยวเกาะเข้าสลับกันอย่างสุ่มๆ (random) โดยแต่ละแท่งเป็นผลึกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 5 – 20 นาโนเมตร และมีความยาวประมาณ 1 ไมครอน

ขณะนี้คณะผู้วิจัยได้จดลิขสิทธิ์วิธีการสังเคราะห์ ADNR ที่ค้นพบไว้แล้ว และกำลังมองหาวิธีใช้ประโยชน์ เช่น อาจใช้เคลือบผิวของอุปกรณ์เครื่องมือเพื่อเพิ่มความแข็งแรงเพิ่มขึ้นอย่างมาก

Buckyball หรือชื่อเต็มๆว่า buckminsterfullerene คือโมเลกุลของคาร์บอนอะตอมจำนวน 60 ตัวที่มาชิดเกาะเข้าด้วยกันอย่างถาวรรูปร่างคล้ายลูกฟุตบอล ถูกค้นพบในปี ค.ศ. 1985 โดย Richard Smalley (เพิ่งเสียชีวิตเมื่อ 28 ตุลาคม 2005), Robert Curl และ Harry Kroto ซึ่งทำให้ทั้งสามคนได้รับรางวัลโนเบลสาขาเคมีเมื่อปี ค.ศ. 1996 Smalley ซึ่งเป็นทั้งศาสตราจารย์ทางเคมีและฟิสิกส์เป็นผู้ตั้งชื่อให้โมเลกุลนี้ เพราะมีลักษณะที่ทำให้นึกถึง geodesic dome ที่ออกแบบโดยสถาปนิกและนักคิดเรื่องนามชาวอเมริกันชื่อ R. Buckminster Fuller

จากพรหมแดนความรู้ฟิสิกส์อนุภาคสู่การศึกษาที่สุดของเอกภพ

ณฤทธิ์ ปิฎการัตต์ และ ชาญกิจ กันฉ่อง

ทฤษฎีพื้นฐานที่สุดในฟิสิกส์ที่ได้รับการยืนยันจากการทดลองและการสังเกตการณ์อย่างแม่นยำที่สุด ก็คือ แบบจำลองมาตรฐาน (Standard Model) และ ทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไป (General Theory of Relativity) นักฟิสิกส์มีความพยายามที่จะพัฒนาทฤษฎีพื้นฐานกว่านี้ที่สามารถรวมทฤษฎีพื้นฐานทั้งหมดในวิชาฟิสิกส์เข้าด้วยกัน ยิ่งในปัจจุบันนักฟิสิกส์ค้นพบปรากฏการณ์หลายประการจากการทดลองและการสังเกตการณ์ทั้งในระดับอันตรกิริยาของอนุภาคมูลฐานในบริเวณขนาดเล็กยิ่ง (เล็กกว่าระดับนิวเคลียสของอะตอม) ในเครื่องเร่งอนุภาค จนถึงการศึกษาการสังเกตการณ์จากดาวเทียมสำรวจสภาพอวกาศพื้นหลัง ที่อยู่เหนือขอบเขตการอธิบายของทฤษฎีที่เชื่อมั่นที่สุดทั้งสอง ทำให้นักฟิสิกส์ต้องแสวงหาทฤษฎีที่ก้าวหน้ากว่านี้ต่อไป

1. แบบจำลองมาตรฐาน

แบบจำลองมาตรฐาน เป็นทฤษฎีที่ควอนตัมว่าด้วย “สสาร (matters)” ซึ่งหมายถึงสิ่งที่มีโมเมนตัมและพลังงาน โดยกล่าวถึงสสารระดับพื้นฐานที่สุด คือ อนุภาคมูลฐาน (elementary particles) และอันตรกิริยา ที่เป็นกลไกประกอบโครงสร้างของสสารชนิดต่างๆ เช่น นิวเคลียสของธาตุ เป็นต้น ทฤษฎีนี้มีลักษณะทั่วไปคือ (1) เป็นทฤษฎีสถานควอนตัม, (2) มีสมมาตรในการแปลงลอเรนซ์, (3) มีสมมาตรในการแปลงเกจแบบเฉพาะที่ (local gauge transformation) ซึ่งเป็นการแปลงของเฉพาะตัวสนาม ณ แต่ละตำแหน่งของอวกาศ-เวลา (space-time)

เราใช้หลักสมมาตรเกจแนะนำรูปสมการของอนุภาคมูลฐานเหมือนกับการเล่นเกมสตั๊ดด็อกของสสาร โดยขยายรูปแบบการแปลงเกจให้ซับซ้อนยิ่งขึ้น แล้วหาตัวต่อสนามมาประกอบกันเป็นสมการที่มีสมมาตรในการแปลงเกจที่กำหนด แบบจำลองมาตรฐานมีสมมาตรในการแปลงเกจในกลุ่ม $SU(3) \times SU(2) \times U(1)$ ซึ่งมีโครงสร้างและชนิดอนุภาคมูลฐานต่างๆ ตามประเภทของสนามดังนี้

ก. อนุภาคแกนกลางของอันตรกิริยา เป็นอนุภาคชนิดเฟอร์มิออน (Fermion) หมายถึง อนุภาคที่มี สปินครึ่ง (half spin) คือ มีขนาดของสปิน (ซึ่งเป็นปริมาณโมเมนตัมเชิงมุมแบบควอนตัมที่เป็นสมบัติภายในตัวของอนุภาคเอง) เป็น $(1/2)\hbar, (3/2)\hbar, (5/2)\hbar, \dots$ และมี สถิติแบบเฟอร์มี-ดิแรก (Fermi-Dirac statistics) ซึ่งหมายถึงการจัดสถานะของอนุภาคในระบบอนุภาคชนิดเดียวกันหลายอนุภาค โดยมีหลักการกีดกันของเพาลี อนุภาคมูลฐานเหล่านี้ได้แก่

ดาวเทียม Planck



Baryons: ควาร์ก, ปฏิกิวาร์ก มีมวลมากระดับ 0.005-175 GeV [$1 \text{ GeV} = 10^9 \text{ eV}$]

Leptons: อิเล็กตรอน, มิวออน, เทา, นิวตริโน, และปฏิอนุภาคของอนุภาคเหล่านี้ มีมวลน้อยจนถึงมากตั้งแต่ระดับ 0-1800 MeV [$1 \text{ MeV} = 10^6 \text{ eV}$]

ข. อนุภาคสื่ออันตรกิริยา (carriers) หรือ อนุภาคเกจ (gauge particles) เป็นอนุภาคชนิด โบซอน (Boson) ซึ่งมีสปินเต็ม (integral spin) คือ มีขนาดสปินเป็น $0, \hbar, 2\hbar, \dots$ และมีสถิติแบบโบส-ไอน์สไตน์ (Bose-Einstein statistics) ที่สามารถจัดให้อนุภาคชนิดเดียวกันอยู่ในสถานะเดียวกันได้อย่างไม่จำกัด ได้แก่

สื่ออันตรกิริยานิวเคลียร์แบบเข้ม : กลูออน ไม่มีมวล และมาจากกรุปเกจ $SU(3)$

สื่ออันตรกิริยานิวเคลียร์แบบอ่อน: W^+, W^-, Z^0 bosons มีมวลมากระดับ 90 GeV

สื่ออันตรกิริยาแม่เหล็กไฟฟ้า: โฟตอน ไม่มีมวล

ค. การแตกหักของสมมาตรในสถานะว่าง

แม้สมการสนามของอันตรกิริยาแม่เหล็กไฟฟ้า-นิวเคลียร์แบบอ่อนมีสมมาตรในการแปลงเกจ $SU(2) \times U(1)$ แต่กลับมีการแตกหักของสมมาตรซ่อนอยู่ในสถานะว่าง (vacuum หรือ ground state) ของทฤษฎีควอนตัมนี้ เรียกว่า การแตกหักของ

เรื่องเด่นประจำฉบับ

สมมาตรเกิดขึ้นเอง (spontaneous symmetry breaking) ซึ่งทำให้มีอนุภาคโบซอนสปินศูนย์ชนิดหนึ่งที่มีมวลมาราวๆ 100-1,000 GeV เรียกว่า Higgs bosons เป็นกลไกทำให้สนามเกจ W^+ , W^- , Z^0 มีมวล แยกออกจากสนามเกจของโฟตอนที่ไม่มีมวล

3. การ renormalized ได้ ทฤษฎีสถานควอนตัมเป็นเสมือนกลศาสตร์ควอนตัมของระบบหลายอนุภาค ที่มีองศาเสรีภาพของอนุภาคเป็นจำนวนอนันต์และต่อเนื่อง ทำให้มีปัญหาเกี่ยวกับการคำนวณและตีความจำนวนอนันต์ที่เกิดขึ้นในผลการคำนวณสามารถใช้เทคนิคที่เรียกว่า renormalization หักล้างและรวมผลของกระบวนการอนันต์นี้เข้าไปในค่าคงที่ควบ (coupling constants) ของทฤษฎี ทำให้ได้ค่าคงที่ควบที่มีค่าจำกัดและขึ้นกับระดับพลังงาน ซึ่ง identify ได้ว่าเป็นค่าที่สังเกตได้จากการทดลอง เช่น ค่ามวลของอนุภาคมูลฐานต่างๆ

2. ปัญหาของแบบจำลองมาตรฐาน

แบบจำลองมาตรฐานยังมีปัญหาสำคัญๆ ดังนี้

2.1 กรุปเกจ $SU(3) \times SU(2) \times U(1)$ เป็นแค่การนำกรุปเกจ 3 กลุ่มมาปะกัน มีค่าคงที่ควบของแต่ละกรุปไม่ขึ้นแก่กัน แต่ถ้า extrapolate ค่าคงที่ควบต่างๆ จากข้อมูลปัจจุบัน ไปยังระดับพลังงานสูงขึ้นเรื่อยๆ จะพบว่าค่าคงที่ควบเหล่านี้เข้าใกล้กันแต่ไม่บรรจบกันพอดี จึงน่าจะมีทฤษฎีรวมที่เหนือกว่า ที่สามารถรวมอันตรกิริยาทั้งสามให้เป็นกรุปเกจเดียวกันที่มีค่าคงที่ควบเดียวกันได้ เรียกว่า ทฤษฎีรวมใหญ่ (Grand Unified Theory) การแตกหักสมมาตรเกิดขึ้นเองในทฤษฎีเหล่านี้เป็นกลไกที่ทำให้ค่าคงที่ควบเกิดการแยกกัน ณ ระดับพลังงานต่ำ จึงเกิดการแยกกันของอันตรกิริยาสามแบบดังที่ปรากฏในธรรมชาติ

2.2 เราสามารถปรับปรุงแบบจำลองมาตรฐานให้มีสมมาตรระหว่างโบซอนกับเฟอร์มิออน เรียกว่า supersymmetry แต่จะทำให้ทุกเกจโบซอนต้องมีอนุภาคเฟอร์มิออนคู่หูที่มีสปิน 3/2 และในทำนองเดียวกัน ทุกเฟอร์มิออน ก็ต้องมีโบซอนคู่หูที่มีสปินศูนย์ รวมเรียกอนุภาคคู่หูเหล่านี้ว่า superpartners หรือ sparticles แม้ว่าต้องมีอนุภาคเพิ่มขึ้นมากมาย แต่ทำให้ทฤษฎีรวมใหญ่เป็นไปได้ ณ ระดับพลังงานสูงราว 10^{16} GeV และ ทำให้กระบวนการ renormalization มีเหตุผลขึ้น ได้ค่าคงที่ควบที่มีเสถียรภาพ

2.3 ในแบบจำลองมาตรฐานปกติกำหนดให้นิวตริโนไม่มีมวล ทำให้นิวตริโนที่มีอยู่ 3 แบบ คือ ν_e, ν_μ, ν_τ ไม่ควบกัน แต่จากผลการสังเกตนิวตริโนในห้องทดลองได้ค้นพบนิวโลกที่มาจาก

ปฏิกิริยานิวเคลียร์ในดวงอาทิตย์ และที่เกิดขึ้นจากรังสีคอสมิกในบรรยากาศ พบว่ามีการเปลี่ยนจากนิวตริโนแบบหนึ่งไปสู่อีกแบบหนึ่งได้เองในระหว่างเดินทาง ทำให้อธิบายได้ว่านิวตริโนทุกแบบควบกัน แสดงถึงนิวตริโนมีมวล

2.4 เรายังไม่พบอนุภาค Higgs และ อนุภาคคู่หูต่างๆ เลย แต่อาจอธิบายได้ว่าอนุภาคเหล่านี้เกิดขึ้นที่พลังงานสูงกว่าเครื่องเร่งที่มนุษย์สามารถสร้างขึ้นได้ ซึ่งปัจจุบันทำได้สูงสุดระดับ 500 GeV

3. ทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไป และปัญหาในวิชาจักรวาลวิทยา

วิชาจักรวาลวิทยา (Cosmology) เป็นทฤษฎีเกี่ยวกับการกำเนิดและวิวัฒนาการของเอกภพ กฎฟิสิกส์แกนหลักที่ใช้คือ ทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไป ว่าด้วยสภาพสถานที่อยู่ของสสารในเอกภพ ซึ่งก็คือ สภาพเรขาคณิตของอวกาศ-เวลาซึ่งถูกกำหนดโดยโมเมนตัมและพลังงานของสสาร ส่งผลเป็นปรากฏการณ์ ความโน้มถ่วง (gravity) ของกลุ่มสสารขนาดใหญ่ เช่น โลก, ดวงอาทิตย์, ดวงดาว, หลุมดำ, กาแล็กซี, ฯลฯ พลวัตของสสารในระดับสเกลใหญ่ มีแต่ความโน้มถ่วงเท่านั้นที่สามารถส่งอันตรกิริยาไปถึง

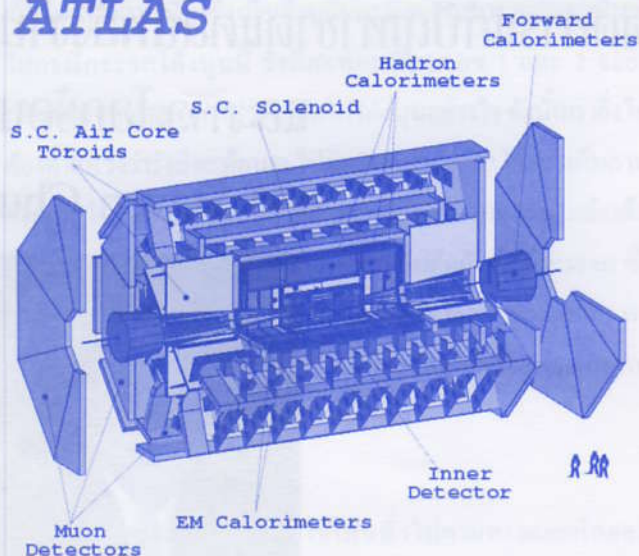
จากการสังเกตการณ์สภาพอวกาศพื้นหลังของเอกภพพบว่า สสารระดับสเกลใหญ่ที่สุดก็คือ กลุ่มของกาแล็กซี (clusters) และ รังสีไมโครเวฟอวกาศพื้นหลัง (CMBR: Cosmic Microwave Background Radiation) มีการกระจายตัวค่อนข้างสม่ำเสมอและมีการขยายตัวในทุกทิศทาง เช่น พบว่าทุกกาแล็กซีรอบๆ กาแล็กซีทางช้างเผือกของเรา กำลังเคลื่อนที่ห่างจากเราไป ซึ่งสามารถใช้ทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไปอธิบายได้ นำไปสู่ทฤษฎีอธิบายการกำเนิดและวิวัฒนาการของเอกภพ แต่ยังมีปัญหาใหญ่ๆ คือ

3.1 สสารในระดับสเกลใหญ่ที่สุดมีความสม่ำเสมอมาก โดยเฉพาะ CMBR อวกาศ-เวลาจึงมีเรขาคณิตแบบแบนราบ เอกภพต้องเคยมีการขยายตัวอย่างรวดเร็วรุนแรง (inflation) มาก่อน สสารในแบบจำลองมาตรฐานไม่สามารถอธิบายสภาวะการวิวัฒนาการของเอกภพแบบ inflation ได้

3.2 เอกภพปัจจุบันขยายตัวอย่างเร่ง โดยวัดจากอัตราการห่างออกไปสัมพันธ์กับระยะห่าง (ค่าคงที่ฮับเบิล) ของซูเปอร์โนวาชนิด Ia ในกาแล็กซีไกลๆ ซึ่งทำได้ละเอียดกว่าการวัดจากกาแล็กซี สภาวะเอกภพขยายตัวอย่างเร่งนี้ไม่สามารถอธิบายจากสสารในแบบจำลองมาตรฐาน ต้องมี พลังงานมืด (dark energy) ที่มีความดันเป็นลบให้ความโน้มถ่วงแบบ “ผลล้นออก” ซึ่งยังไม่มีทฤษฎีที่อธิบายสภาวะเอกภพปัจจุบันอาศัย

เรื่องเด่นประจำฉบับ

ATLAS



ในโครงการ LHC จะมีหัววัดขนาดใหญ่ 4 หัว (ดังแสดงตำแหน่งในรูปที่ปกหน้า) อยู่ใต้ดินที่ระดับความลึกประมาณ 175 เมตร หัววัด ATLAS (A Toroidal LHC Apparatus) จะมีขนาดใหญ่ที่สุดเท่าที่มนุษย์เคยสร้างกันมา คือ กว้าง 25 เมตร ยาว 46 เมตร และสูง 25 เมตร (คือสูงประมาณตึก 5 ชั้น) มีมวล 7,000 ตัน หัววัดมูลค่า 2,100 ล้านบาทนี้ เกิดจากพลังความร่วมมือของนักฟิสิกส์ 1,700 คน จาก 150 สถาบันวิจัยใน 34 ประเทศ คาดว่าจะสร้างเสร็จสมบูรณ์ในปี ค.ศ. 2007 และหวังว่าจะสามารถหาคำตอบให้แก่ทฤษฎีเหนือแบบจำลองมาตรฐาน เช่น อนุภาค Higgs มีจริงหรือไม่? ปฏิสสารหายไประหว่างไหน? Supersymmetry มีจริงหรือไม่? สสารมืดคืออะไร? ฯลฯ

สสารที่ให้ความโน้มถ่วงแบบดึงดูดเช่นเดียวกับแบบจำลองมาตรฐานเพียง 27% ที่เหลืออีก 73% เป็นพลังงานมืด ซึ่งพลวัตของมันเป็นปัจจัยสำคัญกำหนดรูปแบบจุดจบของเอกภพ

3.3 ในสสาร 27% จากข้อมูลการสังเกตการณ์อนุมาณได้ว่าประกอบด้วยสสารในแบบจำลองมาตรฐานที่สามารถแปลงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจนสังเกตการณ์ทางดาราศาสตร์ได้ในสัดส่วน 4 ต่อ 27 โดย 23 ส่วนที่เหลือไม่แปลงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เรียกว่า สสารมืด (dark matter) ซึ่งคาดหมายว่ามีส่วนหนึ่งเป็นนิวตริโนที่เพิ่งค้นพบล่าสุดว่ามีมวล เป็นส่วนที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วระดับสัมพัทธภาพ ส่วนที่เหลือเป็นอนุภาคที่มีมวลสูงความเร็วต่ำ น่าสงสัยว่าเป็นอนุภาคที่ยังไม่ค้นพบในแบบจำลองมาตรฐานและทฤษฎีที่เหนือกว่าหรือไม่? การค้นคว้าสสารมืดมีความสำคัญในการอธิบายกลไกการก่อตัวของนิวเคลียส จนถึงกาการก่อตัวของกาแล็กซีและดวงดาวภายหลังบิกแบง

4. การทดลองมูลค่าหลายหมื่นล้าน

การอุทิศ (devotion) ศึกษาความรู้พื้นฐานที่สุดของมนุษย์เป็นโจทย์สุดขูดในการสร้างภูมิปัญญาวิทยาศาสตร์ และท้าทาย

พอที่จะสร้างเทคโนโลยีระดับสูงขึ้นไปไม่ประหลาดใจที่นานาชาติทั่วโลกสร้างความร่วมมือวางแผนโครงการทดลองและสังเกตการณ์แห่ง “วันพรุ่งนี้” ที่มีมูลค่าหลายหมื่นล้านบาท ดังเช่นต่อไปนี้

4.1 LHC (Large Hadron Collider) คือ เครื่องเร่งอนุภาคโปรตอนขนาดมหึมา (ความยาวเส้นรอบวงท่อเครื่องเร่ง 27 กิโลเมตร) ให้ชนกันด้วยพลังงานระดับ 14 TeV [1 TeV = 1,000 GeV] เป็นระดับพลังงานสูงพอที่จะตรวจสอบปรากฏการณ์เหนือแบบจำลองมาตรฐาน เช่น อนุภาค Higgs, sparticles ของ supersymmetry, ทฤษฎีรวมใหญ่, ฯลฯ ขณะนี้กำลังสร้างที่ศูนย์วิจัย CERN ด้วยงบประมาณราวๆ 90,000 ล้านบาท

4.2 KATRIN (Karlsruhe Tritium Neutrino Experiment) เป็นการทดลองเพื่อวัดมวลอนุภาคนิวตริโนอย่างแม่นยำโดยวิธีวัดสเปกตรัมของรังสีเบตาในช่วงพลังงานสูงสุดจากการสลายตัวของทริเทียม (tritium เป็นไอโซโทปหนึ่งของไฮโดรเจนที่มีมวลอะตอม = 3) ซึ่งให้นิวตริโนออกมาด้วย โดยมวลของนิวตริโนมีผลต่อแบบแผนของสเปกตรัม การวัดนี้ต้องการ electron spectrometer ขนาดใหญ่ที่อ่อนไหวที่สุด โครงการนี้ยังอยู่ในช่วงทดลองการทำงานของ spectrometer แบบจำลอง

4.3 ดาวเทียม Planck จะทำแผนที่การกระจายของ CMBR อย่างละเอียดที่สุดแผนที่ดังกล่าวมีผู้เปรียบเป็น “หน้าตาของพระเจ้า” เพราะเป็น “คว้นไฟ” ของการระเบิดบิกแบง เป็นสัญญาณเดียวจากห้วงเวลาแห่งการสรรค์สร้าง ร่วมกับ ดาวเทียม FIRST (Far-Infrared and Sub-millimetre Telescope) ที่จะสำรวจกาแล็กซีในยุคแรกเริ่มหลังจากบิกแบง ดาวเทียมทั้งสองจะถูกปล่อยขึ้นสู่อวกาศในปี 2007 มีมูลค่าราวๆ 30,000 ล้านบาท

ใน CERN มีหลายประเทศในเอเชียเข้าร่วมโครงการ นำแปลกว่าประเทศไทยกลับมีส่วนร่วมน้อย แม้การลงทุนทำแล็บทดลองต้องใช้ทุนมาก แต่การศึกษาพื้นฐานด้านทฤษฎีซึ่งงบประมาณไม่มาก ทั้งยังมีสื่ออินเตอร์เนตค้นข้อมูลได้สะดวก อาจจะสร้าง impact ทางวิชาการได้ง่ายกว่า จึงยังคงเปิดโอกาสสำหรับคนไทยและการพัฒนางานฟิสิกส์เข้าไปมีส่วนร่วมกับการแล็บอนาคตเหล่านี้ ในสมัยนวัตกรรมปัจจุบัน ที่ควบคู่ไปกับความน่าเป็นห่วงเรื่องปัญหาโลกร้อนและพลังงานสำรอง การระดมพลังสมองของนักวิทยาศาสตร์ทั่วโลกยังเป็นยุทธศาสตร์สำคัญ การศึกษาและวิจัยวิทยาศาสตร์ไทยทุ่มเทกับโจทย์ปัจจุบันอะไร? และโจทย์ระดับระบบคิดเพื่ออนาคตอะไร?

[เรื่องนี้เริ่มต้นค้นได้ง่ายที่ http://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page]

แนวคิดการแก้ปัญหาขาดแคลนพลังงาน และภาวะโลกร้อน

ของ Steven Chu



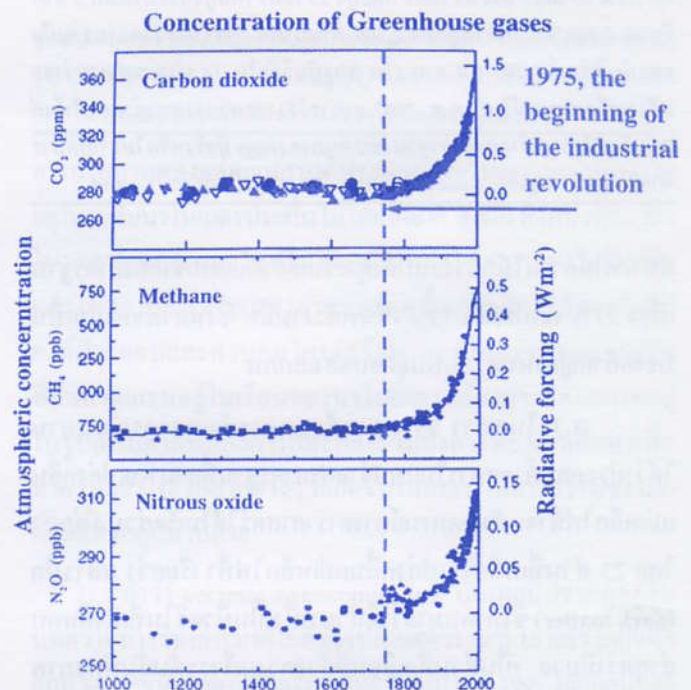
Steven Chu

ผมได้ไปอ่านพบคำบรรยายที่น่าสนใจมากเรื่อง "Biological Solution to the Energy Crisis" ของ Steven Chu นักฟิสิกส์รางวัลโนเบลประจำปี ค.ศ. 1997 และปัจจุบันเป็นผู้อำนวยการใหญ่ของห้องปฏิบัติการวิจัยแห่งชาติ Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL) ของสหรัฐอเมริกา (ดูเพิ่มเติมที่วารสารฟิสิกส์ไทย ฉบับเดือน มิ.ย. - ส.ค. 2548 หน้า 4) ซึ่งตีพิมพ์อยู่ในวารสาร AAPS Bulletin ฉบับเดือนสิงหาคม 2005 หน้า 2-11 จึงอยากนำมาเล่าสู่กันฟัง แต่ผมมีหน้ากระดาษจำกัด คงจำเป็นต้องย่อแปลมาแต่ประเด็นที่สำคัญๆ ดังต่อไปนี้

รูปที่ 1 แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าแก๊สเรือนกระจก (greenhouse gas) ในบรรยากาศเพิ่มขึ้นอย่างมากนับแต่เกิดการปฏิวัติอุตสาหกรรมเมื่อปี ค.ศ. 1975 ปัจจุบันเราได้เห็นผลกระทบจากภาวะโลกร้อนชัดเจนขึ้นทุกที เช่น จำนวนไฟป่าในเขตอเมริกาเหนือที่เกิดขึ้น หรือภัยพิบัติจากสภาพอากาศวิปริตและน้ำท่วมที่รุนแรงมากขึ้นในช่วง 10 ปีหลังนี้ นอกจากนั้นยังมีสิ่งที่น่ากังวล เพราะยังไม่มีแนวทางแก้ไขที่แน่ชัด คือ อุณหภูมิของโลกที่เพิ่มสูงขึ้น มีผลอย่างไรต่อการไหลของกระแสน้ำ เช่น แทนที่กระแสน้ำอุ่น Gulf Stream จะไหลจากขั้วเหนือไปยังทางแอฟริกาเหนือตามปกติ แต่กลับไหลลงไปยังแอฟริกา ซึ่งถ้าเกิดขึ้นจริงยุโรปเหนือจะกลายเป็นดินแดนน้ำแข็งไปอย่างถาวร เราต้องหยุดกิจกรรมปลดปล่อย CO_2 ออกสู่บรรยากาศได้แล้ว

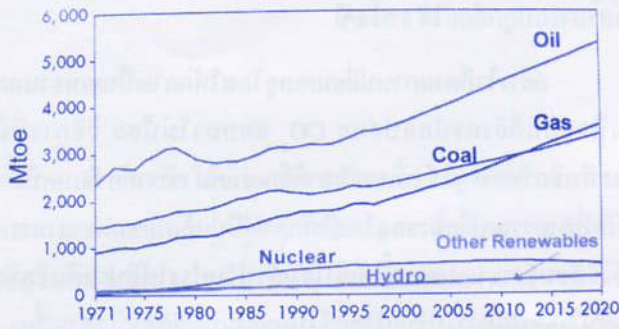
รูปที่ 2 แสดงให้เห็นว่ามนุษย์มีความต้องการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นทุกที แต่รูปที่ 3 บอกชัดๆ ว่า สหรัฐอเมริกากำลังจะขาดแคลนน้ำมัน เพราะไม่พบแหล่งน้ำมันใหม่ๆ ที่มากพอในเนื้อดินของตนเองมานานแล้ว หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง อันได้แก่ United State Global Survey (USGS) กับกระทรวงพลังงาน (DOE) ได้ทำการคาดคะเนไว้ว่าโลกยังมีน้ำมันดิบที่หลงสำรวจอยู่อีก 2 ใน 3 ส่วน แต่ถ้าพฤติกรรมการเผาผลาญน้ำมันยังมีอัตราการเพิ่มอยู่เช่นนี้ ทั้งสองหน่วยงานทำนายว่า จุดผลิตน้ำมันได้สูงสุด จะอยู่ระหว่างปี ค.ศ. 2015 - 2035 แต่ก็มีบางท่านที่บอกว่าขณะนี้แหละที่กำลังการผลิตถึงจุดสูงสุดแล้ว ในขณะที่ผู้รู้อีกบางท่านทำนายไว้ว่าจุดสูงสุดที่ว่่านั้นจะอยู่ที่ปี ค.ศ. 2040 และหลังจากจุดนี้ไปแล้วราคาน้ำมันจะไม่ต่ำกว่า 60 เหรียญต่อบาร์เรล อีกต่อไป (ในปี ค.ศ. 1998 น้ำมันมีราคาเพียง 10 เหรียญต่อบาร์เรล)

เรียบเรียงโดย สมศรี สิงขรัตน์



รูปที่ 1 แสดงให้เห็นว่าแก๊สเรือนกระจกเพิ่มปริมาณขึ้นอย่างมาก เช่น ก่อนปี ค.ศ. 1975 ความเข้มข้นของ CO_2 มีเพียง 275 ส่วน ในอากาศล้านส่วน (parts per million หรือ ppm) แต่ปัจจุบันสูงกว่าระดับ 375 ppm. จากผลการคำนวณโดยคอมพิวเตอร์ เมื่อสมมติให้ความเข้มข้นของ CO_2 เพิ่มขึ้นเป็น 4 เท่าของก่อนปี ค.ศ. 1975 พบว่าอุณหภูมิของแถบ Mid-West ของอเมริกา (ได้แก่รัฐแคนซัส, มิสซูรี, โอคาโฮ, เนบราสกา, ยูทาห์ ฯลฯ) จะเพิ่มขึ้น $4 - 5^\circ \text{C}$ ส่งผลให้ดินแดนนี้ที่ปัจจุบันนี้ถือได้ว่ามีผลผลิตทางการเกษตรสูงมากที่สุดในโลกแห่งหนึ่งจะกลายเป็นทะเลทราย ในเชิงประนีประนอม มีผู้เสนอว่าระดับเพดานของ CO_2 ควรจำกัดอยู่ที่ไม่เกิน 550 ppm

World demand of energy resources



Source: IEA (2000).

รูปที่ 2 แสดงให้เห็นว่าในปัจจุบัน ประชากรของโลกใบนี้ต้องการใช้พลังงานมากกว่า เมื่อปี ค.ศ. 1971 ประมาณ 2 เท่าและคาดว่าจะเพิ่มขึ้นเป็น 3 เท่าในปี 2020

เมื่อน้ำมันหมดก็จะเหลือแต่ถ่านหินที่ยังมีอยู่เป็นปริมาณมากที่สามารถใช้ไปได้อีกหลายร้อยปี สหรัฐอเมริกาเองก็กำลังมีโครงการที่จะสร้างโรงไฟฟ้าพลังถ่านหินขนาดใหญ่หลายแห่งซึ่งก็จะไปเติม CO_2 ให้แก่บรรยากาศอีกไม่ต่ำกว่า 3 เท่าของเมื่อ 250 ปีที่แล้ว นักวิทยาศาสตร์ด้านสภาพบรรยากาศหลายท่านได้แสดงความกังวลไว้แล้วว่า เราจะมีเวลาเหลืออีกไม่เกิน 20 ปีที่จะควบคุมการปลดปล่อย CO_2 ให้ได้เสียที

แหล่งพลังงานอื่นนอกเหนือจากเชื้อเพลิงฟอสซิลก็มีอาทิเช่น จากปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชัน (ดูเพิ่มเติมที่วารสารฟิสิกส์ไทย ฉบับเดือน ธ.ค. 2548-ก.พ. 2549 หน้า 4 - 5) ซึ่งเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมาก แต่ผ่านมาแล้ว 60 ปี เรายังคงไม่ได้เข้าไปใกล้ความจริง บางคนมองแง่ดีว่า อีก 40-50 ปี โรงไฟฟ้าต้นแบบจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชันจะมีเกิดขึ้น แต่ที่แน่ๆ ปัจจุบันนี้มันยังคงเป็นเพียงโครงการวิจัย ผมเชื่อว่าเราควรต้องทุ่มเททำวิจัยในเรื่องนี้ต่อไปแต่ก็ไม่ควรใส่ใจทั้งหมดที่มีไว้ในตะกร้าใบเดียว

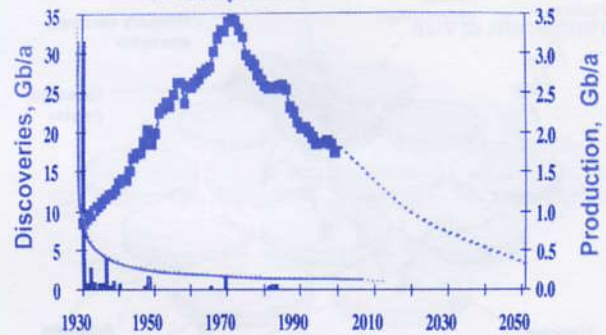
อีกทางเลือกหนึ่งก็คือ จากปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชัน ซึ่งก็ไม่ปลดปล่อยแก๊ส CO_2 เช่นกัน แต่ก็มีปัญหาไม่น้อย เรื่องกากกัมมันตรังสีและการยอมรับของสังคม อย่างไรก็ตามก็ยังดีกว่าโรงงานไฟฟ้าพลังถ่านหินสำหรับการแก้ปัญหาวิกฤตพลังงานในช่วงแก๊ซ

แหล่งพลังงานที่ปลดปล่อยจาก CO_2 อีกชนิด ก็คือ จากดวงอาทิตย์ซึ่งสามารถดึงพลังงานมาใช้ได้ในหลายรูปแบบ เช่น ในรูปเซลล์แสงแดด แต่ก็มีปัญหาตรงที่มีราคาสูงเกินไป ถ้าจะให้ทัดเทียมกับโซลาร์ของพวกถ่านหิน, แก๊สธรรมชาติ, น้ำมัน หรือพลังงานนิวเคลียร์ ต้นทุนของเซลล์แสงแดดจะต้องลดลงต่ำกว่าปัจจุบัน

Production in the Lower 48 States

Peak discovery: 1930

Peak production: 1972



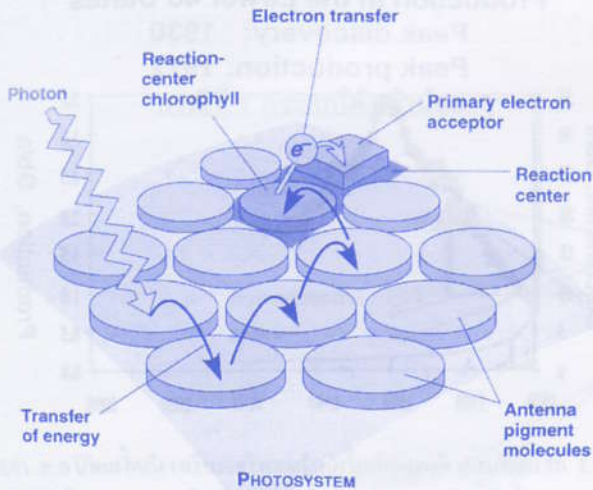
รูปที่ 3 กราฟเส้นบน คือผลผลิตน้ำมันในสหรัฐอเมริกา นับตั้งแต่ปี ค.ศ. 1930 จนถึงปัจจุบัน และทำนายถึงอนาคตในปี ค.ศ. 2050 ในขณะที่กราฟเส้นล่าง คือ ปริมาณน้ำมันดิบที่ค้นพบใน 48 รัฐ ตอนล่างของสหรัฐอเมริกาการค้นพบแหล่งน้ำมันในอลาสกาไม่ได้ช่วยเพิ่มปริมาณการผลิตในประเทศมากนัก

ประมาณ 5-10 เท่า อีกรูปแบบหนึ่งก็จะอยู่ในลม ปัจจุบันด้วยเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้น มีการติดตั้งกังหันลมกันมากขึ้น เพราะมีราคาถูกและมีประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยปัจจุบันมีราคาต้นทุนประมาณเดียวกันกับการผลิตไฟฟ้าด้วยแก๊สธรรมชาติแต่พลังงานลมไม่ค่อยตามใจผู้ใช้งานจึงต้องไปเกี่ยวข้องกับการหาวิธีกักเก็บพลังงานลมที่ได้เอาไว้ใช้เมื่อยามต้องการ เช่น มีข้อเสนอว่าให้ накаระแสไฟฟ้าที่เกิดจากกังหันลมไปใช้ปัมน้ำขึ้นไปเก็บไว้ในที่สูง อย่างไรก็ตามมีปัญหาอยู่ตรงที่ว่าโลกปัจจุบันไม่มีน้ำมากพอให้ทำแบบนี้ได้

อีกรูปแบบหนึ่ง ก็คือ การเปลี่ยนพลังงานจากดวงอาทิตย์ให้เป็นกระแสไฟฟ้าแล้วเปลี่ยนต่อให้อยู่ในรูปของพลังงานเชิงเคมี เช่น อยู่ในรูปของแก๊สไฮโดรเจน การแยกแก๊สไฮโดรเจนและออกซิเจนออกจากน้ำด้วยเทคนิค Electrolysis ที่เราเคยรู้จักกันง่ายก็จริง แต่มีประสิทธิผลต่ำ จึงทำให้วิธีการนี้กลายเป็นมีต้นทุนสูง

วิธีการที่ดีกว่า มีให้เห็นอยู่แล้วในธรรมชาติ นั่นคือกระบวนการ Photosynthesis ที่เกิดอยู่ในใบไม้ (รูปที่4) ปัจจุบันเราสามารถเลียนแบบบางส่วนของกระบวนการได้แล้ว เช่น การเปลี่ยนแสงแดดไปเป็นประจุไฟฟ้า และการส่งถ่ายประจุไฟฟ้าเหล่านี้ แต่สิ่งที่ยากกว่ามากก็คือการกระตุ้นให้เกิดพันธะเคมีอย่างมีประสิทธิภาพในขั้นตอนถัดมา นอกจากนั้นเมื่อโมเลกุลชีวภาพตัว

* เซลล์แสงแดดที่ส่วนใหญ่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันทำด้วยซิลิกอนผลึกเดี่ยวและถือว่าเป็น photovoltaic cell รุ่นที่ 1 ส่วนรุ่นที่ 2 คือเซลล์ที่ทำจากฟิล์มบางของซิลิกอนอสัณฐานหรือสารกึ่งตัวนำชนิดอื่น รุ่นที่ 2 นี้จะมีต้นทุนถูกกว่ารุ่นที่ 1 แต่ก็มีประสิทธิภาพต่ำกว่าด้วยคือ ไม่เกิน 12% ขณะนี้กำลังมีความพยายามจะพัฒนารุ่นที่ 3 เช่น เป็นพวก quantum-well photovoltaic cell ที่อาจมีประสิทธิภาพขึ้นไปได้ถึง 30% (จากผู้เรียบเรียง)



รูปที่ 4 แผนภาพแสดงขั้นตอนโดยสังเขปของกระบวนการ Photosynthesis ในใบไม้ กล่าวคือ เมื่อแสงแดดตกกระทบบน antenna molecule ของใบไม้โมเลกุลพวกนี้จะช่วยกันส่งถ่ายพลังงานในแสงแดดไปจนถึงส่วน reaction center ตรงจุดนี้พลังงานจากควมอาทิตย์จะถูกเปลี่ยนไปเป็นพันธะเคมีซึ่งเมื่อสลายตัวจะให้พลังงานเชิงเคมี

หนึ่งๆ ถูกกระตุ้นกลับไปกลับมาในกระบวนการนี้หลายๆ ล้านครั้ง ย่อมเกิดพังเสียหายได้ ซึ่งเป็นเรื่องปกติของพวกวัสดุอินทรีย์ ที่มีความทนทานน้อยกว่าวัสดุนินทรีย์ แต่ใบไม้เป็นสิ่งมีชีวิต มันจึงสามารถสร้างโมเลกุลตัวใหม่มาทำหน้าที่แทนได้อยู่เรื่อยๆ ดังนั้นคราบไคที่เรายังไม่มียาเทคโนโลยีที่สามารถรับรู้และซ่อมแซมหน่วยเปลี่ยนแปลงพลังงานดังกล่าวที่เสียหายได้เอง เราก็จะยังไม่สามารถใช้ประโยชน์จากกระบวนการ Photosynthesis เทียมที่เราประดิษฐ์ขึ้นเองได้

จึงมีอีกทางออกในลักษณะที่ว่าปล่อยให้ธรรมชาติทำหน้าที่ให้สมบูรณ์ในการเปลี่ยนแสงแดด, น้ำ, CO_2 และสารอาหารบางชนิดเป็นชีวมวล (biomass) เสียก่อน แล้วเราจึงค่อยเข้ามาเปลี่ยนให้ชีวมวลกลายเป็นพลังงานเชิงเคมีอันได้แก่ เอทานอล, เมทานอล, มีเทน หรือ ไฮโดรเจน เราอาจเพิ่มปริมาณขึ้นได้โดยการดัดแปลงพันธุกรรมให้พืชนั้นสามารถผลิตปุ๋ยได้เอง (อย่าลืมว่าปุ๋ยนั้นทำมาจากแก๊สธรรมชาติหรือน้ำมันซึ่งกำลังจะหมด) และ/หรือ ต้องการใช้น้ำน้อย, โตเร็วมาก, ด้านทานแมลงได้ดี ฯลฯ

ประเทศบราซิลเป็นตัวอย่างที่ดีในเรื่องนี้ ปัจจุบัน Flex-car ซึ่งสามารถใช้ใช้น้ำมันสลับกับเอทานอลได้ กำลังได้รับความนิยมเพิ่มขึ้น โดยคาดว่าในอีก 2 ปีข้างหน้าจะมีการใช้ Flex-car เพิ่มขึ้นเป็น 80% เพราะถูกกว่าใช้น้ำมันปกติของเวลานี้ถึง 2 เท่า บราซิล

ผลิตเอทานอลจากอ้อย แต่บราซิลมีข้อได้เปรียบ คือมีน้ำมาก จึงสามารถปลูกอ้อยได้ 3 ครั้ง/ปี

อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนเซลล์โลสให้กลายเป็นเอทานอลในปัจจุบันก็ยังคงปลดปล่อย CO_2 ออกมาไม่น้อย วิธีการที่มีประสิทธิภาพอาจดูได้จากธรรมชาติอีกเช่นกัน กล่าวคือ มีแบคทีเรียชนิดที่สามารถเปลี่ยนเซลล์โลสให้กลายเป็นแก๊สมีเทน เราสามารถใช้วิธีเรียนรู้กระบวนการนี้ให้เข้าใจ แล้วปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นไปอีกโดยการปรับเปลี่ยนจีโนมของแบคทีเรียชนิดยกเครื่อง

สำหรับผมนั้น ณ ขณะนี้ให้น้ำหนักไปที่การใช้พืชสร้างชีวมวลและการเปลี่ยนชีวมวลให้กลายเป็นพลังงานเชิงเคมี ถ้าเราสามารถปรับปรุงให้พืชนั้นโตเร็วขึ้น 2-3 เท่าและปรับปรุงการเปลี่ยนเซลล์โลสไปเป็นพลังงานเชิงเคมีให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นได้ การใช้พื้นที่ขนาด 20% ของสหรัฐอเมริกา ก็สามารถมีผลผลิตที่นำมาช่วยทดแทนน้ำมันในภาคการคมนาคมขนส่งได้หลายส่วน

ถึงเวลาแล้วที่เราต้องร่วมกันแก้ปัญหาหนึ่งของโลก เราอาจจะดูตัวอย่างได้จาก Bell Lab กับความสำเร็จในการประดิษฐ์ทรานซิสเตอร์ ในตอนเริ่มแรก Bell Lab เพียงมีโจทย์ว่าอยากหาอะไรอย่างอื่นมาแทนหลอดสุญญากาศ (ที่ใช้กันในวงจรอิเล็กทรอนิกส์สมัยเก่า) เนื่องจากมีปัญหาเรื่องเสถียรภาพและการก่อให้เกิดความร้อน แต่พวกเขายังไม่มีความรู้เลยว่าจะปลูกผลึกเยอรมันเนียมและซิลิกอนที่มีความบริสุทธิ์สูงอย่างไร ยังไม่รู้ฟิสิกส์พื้นฐานของพฤติกรรมอิเล็กทรอนิกส์ในสารกึ่งตัวนำ รวมถึงยังไม่รู้ว่ามีมลทิน (impurity) มีผลกระทบอย่างไร และไม่มีความรู้เรื่องคุณสมบัติของ p-n junction ถ้าเอาปัญหาเหล่านี้ไปให้ศาสตราจารย์ในมหาวิทยาลัยสักคนแก่ คงต้องใช้เวลามากหลายทศวรรษ แต่ Bell Lab ใช้วิธีรวมทีมระดมสมองนักวิทยาศาสตร์จำนวนมากและภายใน 10 ปี Bell Lab สามารถประกาศความสำเร็จในการประดิษฐ์ทรานซิสเตอร์ได้เป็นเจ้าแรก

ที่สุดแล้วผมอยากสรุปว่า ในขณะที่คณะนักวิทยาศาสตร์ส่วนหนึ่งกำลังพยายามกันที่จะพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศให้แม่นยำขึ้น เราควรช่วยกันด้วยที่จะโน้มน้าวให้ผู้นำระดับโลกทั้งหลาย ลงมือดำเนินการอย่างเฉียบพลันที่จะหยุดยั้งการปลดปล่อย CO_2 อีกต่อไป รวมถึงการลงทุนอย่างจริงจังในการวิจัยเพื่อหาแหล่งพลังงานทดแทน”

หมายเหตุ : ถึงวันนี้รัฐบาล ประธานาธิบดีบุช (จูเนียร์) ที่บริหารประเทศได้ชื่อว่าปลดปล่อย CO_2 ออกมามากที่สุด (และเป็นเจ้านายของ Steven Chu) ยังคงทำเฉยเมยกับการลงนามในพิธีสารเกียวโต (Kyoto protocol) ที่ประเทศส่วนใหญ่ได้ร่วมให้สัตยาบันกันไปเรียบร้อยแล้ว

กลุ่มฟิสิกส์อนุภาคและนิวเคลียร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

พุทธศักราช ๒๕๔๙ สาขาวิชาฟิสิกส์ สำนักวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (มทส.) ได้ถูกจัดตั้งด้วยวัตถุประสงค์ที่จะผลิตบุคลากรทางด้านสาขาวิชาฟิสิกส์ขั้นสูงให้กับประเทศไทย โดยมีการจัดการเรียน การสอนและการวิจัยใน ๒ หลักสูตร ได้แก่ หลักสูตรวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต และหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต และมีคณาจารย์ผู้เชี่ยวชาญในแขนงวิชาต่างๆ ได้แก่ ฟิสิกส์ทฤษฎี ฟิสิกส์ด้านเครื่องเร่งอนุภาค ฟิสิกส์ของแข็ง และฟิสิกส์อนุภาคและนิวเคลียร์

กลุ่มฟิสิกส์อนุภาคและนิวเคลียร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาโครงสร้างมูลฐานของเอกภพและสร้างทฤษฎีที่สามารถอธิบายอันตรกิริยาระหว่างอนุภาคต่างๆ ซึ่งภายในกลุ่มประกอบด้วย

1. รองศาสตราจารย์ ดร.ประสาท สืบคำ
อธิการบดีคนปัจจุบันของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีเป็นที่ปรึกษา
2. รองศาสตราจารย์ ดร.ยูเบ็ง แยน
เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านฟิสิกส์อนุภาค
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พันเอก ดร.วรศิษฐ์ อุทัย
เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านฟิสิกส์นิวเคลียร์
4. ดร.ชินรัตน์ กอบเดช
เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านฟิสิกส์ทฤษฎีและคณนา
5. ดร.ขรรค์ชัย โกศลทองกี
เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านแบบจำลองควาร์กเชิงไควแรลเฟอร์เทอร์เบชัน

โดยงานวิจัยหลักของกลุ่มฟิสิกส์อนุภาคและนิวเคลียร์ สามารถจำแนกเป็นหัวข้อต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. งานวิจัยด้าน Exotic Atom (รองศาสตราจารย์ ดร.ประสาท สืบคำ และ รองศาสตราจารย์ ดร.ยูเบ็ง แยน)

Exotic Atom คืออะตอมที่มีลักษณะคล้ายกับอะตอมของไฮโดรเจน โดยนิวเคลียส (ในที่นี้คือ โปรตอน) ถูกแทนที่ด้วยอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเป็นบวก และ/หรืออิเล็กตรอนถูกแทนที่ด้วยอนุภาค



ที่มีประจุไฟฟ้าเป็นลบ เช่น Pionic atom คือ ไฮโดรเจนอะตอมที่อิเล็กตรอนถูกแทนที่ด้วย π^- ส่วน Pionium atom คือ ไฮโดรเจนอะตอมที่โปรตอนถูกแทนที่ด้วย π^+ และอิเล็กตรอนถูกแทนที่ด้วย π^- นอกจากนี้แล้ว ยังมี Kaonic, Kaonium และอื่นๆ อีก

การศึกษาอันตรกิริยาแบบแรง (strong interaction) สามารถศึกษาได้จาก Exotic atom เช่น เมื่อ π^- ถูกยึดเหนี่ยวให้อยู่รวมกับโปรตอนด้วยอันตรกิริยาทางไฟฟ้า จนกลายเป็น Pionic atom แล้วโดยธรรมชาติ π^- จะคายพลังงานลงมาอยู่ในชั้นพลังงานที่ต่ำกว่าเมื่อใกล้นิวเคลียสมากขึ้น π^- จะรับรู้ถึงอันตรกิริยาแบบเข้มจากโปรตอนได้ ทำให้เกิดแถบพลังงานแตกต่างไปจากผลที่ได้จากการคิดอันตรกิริยาทางไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว

2. งานวิจัยด้านการใช้เทคนิคทางนิวเคลียร์ในการตรวจสอบวัตถุระเบิด (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พันเอก ดร.วรศิษฐ์ อุทัย)

ระบบตรวจวัตถุอันตรายเช่น CTX เป็นระบบที่ใช้รังสี X เพื่อถ่ายภาพภายในกระเป๋าเดินทาง ซึ่งภาพที่ได้จะเป็นภาพสีมีคุณภาพสูง ซึ่งถือว่าการถ่ายภาพ จึงสามารถจำแนกวัตถุอันตราย เช่น ปืน, มีด ได้จากการพิจารณารูปร่างจากภาพถ่าย แต่ไม่สามารถจำแนกวัตถุระเบิดที่มีรูปทรงผิดปกติได้

งานวิจัยนี้เป็นการสร้างแบบจำลองเพื่อตรวจหาวัตถุระเบิด โดยในเบื้องต้นเป็นการศึกษาเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้จริงกับการผลิตเครื่องตรวจวัตถุระเบิด

หลักการคือสารประกอบส่วนมากที่ประกอบขึ้นเป็นวัตถุระเบิดนั้นประกอบด้วย ธาตุ N, C, O และ H ในอัตราส่วนที่แตกต่าง

ขอแนะนำ

จากวัตถุทั่วไป ถ้าเราสามารถตรวจวัดวัตถุต้องสงสัยโดยมีอัตราส่วนของธาตุเหล่านี้ตรงกับชุดข้อมูลของวัตถุระเบิด ก็สามารถสันนิษฐานได้ว่าวัตถุนั้นอาจเป็นวัตถุระเบิด

วิธีการคือทำการยิงนิวตรอนผ่านวัตถุต้องสงสัย ถ้าวัตถุนี้อยู่ประกอบของธาตุ ในโตรเจน-14 นิวตรอนจะถูกนิวเคลียสของในโตรเจนจับไว้กลายเป็น ในโตรเจน-15 ทำให้นิวเคลียสอยู่ในสถานะกระตุ้น และเมื่อนิวเคลียสกลับลงมาสู่สถานะเดิมจะมีการปลดปล่อยรังสีแกมมาที่มีพลังงาน 10.8 MeV ออกมา เราสามารถตรวจวัดรังสีแกมมานี้ได้ ในทำนองเดียวกันกับธาตุอื่นที่เป็นองค์ประกอบของวัตถุระเบิด เช่น H จะให้รังสีแกมมาที่มีพลังงาน 2.2 MeV นั่นคือรังสีแกมมาที่ค่าพลังงานหนึ่งๆ ถูกปลดปล่อยออกมาในสัดส่วนที่ต่างกันออกไป ทำให้ทราบถึงสัดส่วนธาตุองค์ประกอบของวัตถุระเบิดได้

3. งานวิจัยด้านควอนตัมโครโมไดนามิกส์ (ดร.ชินรัตน์ กอบเดช)

ทฤษฎีควอนตัมโครโมไดนามิกส์ (QCD) ซึ่งปัจจุบันเชื่อกันว่าเป็นทฤษฎีที่ถูกต้องในการอธิบายอันตรกิริยาแบบเข้ม แต่ทฤษฎีนี้มีข้อจำกัด คือ ในช่วงพลังงานต่ำไม่สามารถใช้วิธีการรบกวน (perturbative) ได้ อย่างไรก็ตามมีแนวทางหนึ่งที่สามารถใช้ศึกษาอันตรกิริยาแบบเข้มในช่วงพลังงานต่ำได้ คือ การศึกษา สมการ Yang-Mills-Schrodinger โดยแปรผันตัวฟังก์ชันคลื่นในเชิงแบบคูลอมบ์

งานวิจัยในกลุ่มนี้จะใช้วิธีปริพันธ์เชิงฟังก์ชัน (functional integral) กับทฤษฎี Yang-Mills ในเชิงแบบคูลอมบ์ ซึ่งมีเงื่อนไขบังคับอันหนึ่งในรูปกฎของเกาส์ที่จะทำให้ไม่มีการแปรเปลี่ยนของสนามเกจ ทำให้สนามเกจมีแต่องศาเสรีภาพที่เป็นกายภาพ สามารถหาผลเฉลยเชิงวิเคราะห์เพื่อนำไปอธิบายการกักกัน (confinement) ของควาร์กและกลูออน แล้วนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับผลการคำนวณเชิงตัวเลขของทฤษฎีควอนตัมโครโมไดนามิกส์เชิงแลตทิซ (lattice QCD)

4. งานวิจัยด้านการชนของไอออนหนักที่ระดับพลังงานปานกลางและพลังงานสูง (รองศาสตราจารย์ ดร.ยูเป็ง แชน และ ดร.ชินรัตน์ กอบเดช)

จากการทดลองที่ RHIC ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งทดลองการชนกันของอะตอมของธาตุทองคำที่มีพลังงานประมาณ 200 GeV ต่อ นิวคลีออน และมีความเร็วใกล้เคียงกับความเร็วแสง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างสถานะของสสารที่เรียกว่า ควาร์ก-กลูออน

พลาสมา (Quark-Gluon Plasma) ซึ่งเป็นสถานะของสสารที่มีพลังงานสูง เกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิและความดันของระบบมีค่าสูงมากจนทำให้ควาร์กและกลูออนสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ หากปรากฏการณ์นี้เกิดขึ้นจริงจะเกิดภายหลังการชนที่ช่วงเวลาสั้นๆ ประมาณ 10^{-23} วินาที ซึ่งยากแก่การสังเกตและตรวจวัดโดยตรง ดังนั้นการศึกษาการเกิดควาร์ก-กลูออนพลาสมาจึงใช้การตรวจสอบร่องรอยของหลักฐานต่างๆ ที่ได้จากการทดลองเพื่อที่จะนำไปสู่การยืนยันการเกิดปรากฏการณ์นี้ โดยข้อมูลที่น่าสนใจที่ตรวจวัดได้ คือ การลดลงของ J/Ψ , การเพิ่มขึ้นของความแปลก (strangeness enhancement), และการเกินของไดเลปตอนหรือโฟตอน

5. งานวิจัยด้านการกำหนดทอนโรเปอร์ในแบบจำลองควาร์ก (รองศาสตราจารย์ ดร.ยูเป็ง แชน และ ดร.ชรรัชชัย โกศลทองกี)

ในการศึกษาถึงกระบวนการ การกระเจิงของ $\pi N \rightarrow \pi N$ และ $\pi N \rightarrow \pi \pi N$ (โดยที่สัญลักษณ์ π หมายถึง Pion และ N หมายถึง Nucleon) เราได้พบอนุภาคที่เรียกว่า Roper Resonance หรือ $N^*(1440)$ ซึ่งมีเลขควอนตัมเหมือนกับนิวคลีออนทุกประการ นั่นคือ spin 1/2, isospin 1/2 และมี parity เป็นบวก โดยสามารถพิจารณาเป็นนิวคลีออนในสถานะกระตุ้นที่ต่ำที่สุด ได้มีการอธิบายสมบัติของมันโดยใช้แบบจำลองควาร์กสามตัว แต่ไม่สามารถอธิบายถึงพลังงานที่ต่ำและค่า nucleon และ meson coupling constant ที่สูงของมันได้ จึงได้มีการเสนอแบบจำลองใหม่ขึ้นมาประกอบด้วยควาร์กสามตัวและกลูออนอีกหนึ่งตัว ($qqqg$) ซึ่งเรียกว่าแบบจำลองเบรียนแบบไฮบริด ในงานวิจัยชิ้นนี้เราสร้างฟังก์ชันคลื่นของ Roper resonance ขึ้นมาโดยพิจารณาว่ากลูออนเป็นอีกหนึ่งองศาเสรีภาพ และคำนวณค่า decay width ของกระบวนการสลายตัว $N^*(1440) \rightarrow N\pi$ และช่องทางอื่นๆ ที่เป็นไปได้ในการสลายตัว

กลุ่มฟิสิกส์อนุภาคและนิวเคลียร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี มีความร่วมมืออันดีด้านงานวิจัยและแลกเปลี่ยนนักศึกษากับสถาบันชั้นนำระดับนานาชาติหลายแห่งดังนี้

- Institute for Theoretical Physics, Tuebingen University ประเทศเยอรมนี
- China Institute of Atomic Energy (CIAE) ประเทศจีน
- Institute for Theoretical Physics, Frankfurt University ประเทศเยอรมนี

ขอแนะนำ

- Theory Group, TRIUMF ประเทศแคนาดา
- Department of Physics, Nanjing University ประเทศจีน
- Group Theory, Pierre & Marie Curie University ประเทศฝรั่งเศส

ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 ถึงปัจจุบัน ได้ส่งนักศึกษาไปทำวิจัย ณ สถาบันดังกล่าวข้างต้นแล้วจำนวน 8 คน แบ่งเป็นนักศึกษาระดับปริญญาเอกจำนวน 6 คน และระดับปริญญาโทจำนวน 2 คน ด้วยทุนวิจัยจากแหล่งทุนต่างๆ ดังนี้

- DAAD (German Academic Exchange Service)
- TRF (Thailand Research Found)
- TRF-DAAD
- สภาวิจัยแห่งชาติเยอรมัน (DFG)
- สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา (สกอ.)
- ทุนผู้ช่วยวิจัยจาก TRIUMF
- ทุนวิจัยจากโครงการวิจัยของกลุ่มฟิสิกส์อนุภาคและนิวเคลียร์

นอกเหนือจากงานวิชาการข้างต้นแล้ว ในเดือนกรกฎาคม 2548 ที่ผ่านมามีสาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ได้จัดประชุมวิชาการนานาชาติด้านฟิสิกส์อนุภาคและนิวเคลียร์ ภายใต้ชื่อการประชุม The Third Asia-Pacific Conference on Few-Body Problems in Physics (APFB05) โดยมีนักฟิสิกส์ชั้นนำด้านฟิสิกส์อนุภาคและนิวเคลียร์จากทั่วโลกกว่า 100 คน เข้าร่วมประชุมเสนอผลงาน ซึ่งประสบความสำเร็จเป็นอย่างดี ผลจากการประชุมดังกล่าว กลุ่มฟิสิกส์อนุภาคและนิวเคลียร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ได้กำลังดำเนินการขยายความร่วมมือทางวิชาการเพิ่มขึ้นอีกหลายแห่งอันจะเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยและการแลกเปลี่ยนนักศึกษาต่อไปในอนาคตอันใกล้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีมีการเรียนการสอนแบบไตรภาค (ปีการศึกษาละ 3 ภาค และภาคการศึกษาละประมาณ 3 เดือน) โดยสาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จะเปิดรับสมัครนักศึกษาใหม่ทุกภาคการศึกษา สำหรับผู้ที่สนใจสามารถสอบถามรายละเอียดได้ที่ 044 224319 หรือ www.sut.ac.th/science/physics หรือ <http://physics3.sut.ac.th>

ขอแถมด้วยคน

ความเข้าใจผิด เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ในทิศทางเดียว (1-D Kinematics Misconceptions)

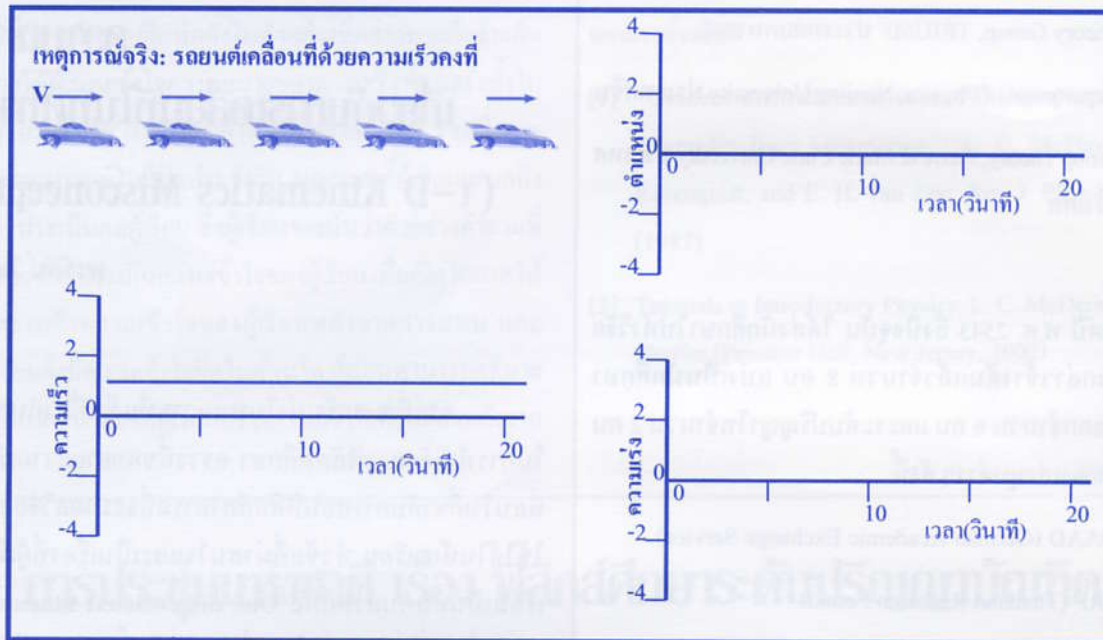
พรรัตน์ วัฒนกุลวิชัย

จากที่เคยเกริ่นนำในบทความที่แล้วเกี่ยวกับสาขาต่างๆ ในการทำวิจัยทางฟิสิกส์ศึกษา คราวนี้ขอขยายความเพื่อที่ผู้อ่านที่สนใจเกี่ยวกับการสอนฟิสิกส์สามารถที่จะนำผลวิจัยไปประยุกต์ใช้ได้ในห้องเรียน หัวข้อที่น่าสนใจและเป็นเรื่องที่ผู้เรียนฟิสิกส์เรียนเป็นอันดับแรกก็คือ **One dimensional kinematics** หรือการเคลื่อนที่ในทิศทางเดียว ซึ่งในหัวข้อนี้นอกจากผู้เรียนควรจะสามารถแก้โจทย์ปัญหาทาง kinematics ได้แล้ว ยังควรที่จะเข้าใจความหมายของศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ อย่างเช่น การขจัด (displacement) ความเร็ว (velocity) ความเร่ง (acceleration) เป็นต้น แต่จากผลวิจัยฟิสิกส์ศึกษาพบว่าผู้เรียนโดยส่วนใหญ่ยังมีความเข้าใจผิด (misconception) โดยเฉพาะเกี่ยวกับความเร็วและความเร่ง สำหรับผู้เรียนบางส่วนที่ถึงแม้ว่าจะสามารถแก้โจทย์ปัญหาได้แต่อาจจะยังมีความเข้าใจผิดนี้อยู่ซึ่งความเข้าใจผิดเหล่านี้ อาจจะส่งผลไปถึงการเรียนฟิสิกส์ในหัวข้อต่อไปได้ ดังนั้นบทความนี้จะสรุปความเข้าใจผิดที่จะเป็นผลมาจากการวิจัยทางด้านฟิสิกส์ศึกษา และเสนอแนะแนวทางที่จะตรวจสอบว่านักเรียนหรือนักศึกษาในห้องเรียนของท่านมีความเข้าใจผิดนี้หรือไม่

ความเข้าใจผิดที่ 1: สัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งและความเร็ว หรือความเร็วและความเร่ง

จากผลการวิจัยพบว่าหลังจากเรียนเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ในทิศทางเดียวหรือ kinematics ผู้เรียนยังไม่เข้าใจตำแหน่ง ความเร็ว หรือความเร่ง ยกตัวอย่างเช่น ผู้เรียนมักเข้าใจว่าวัตถุที่อยู่ตำแหน่งเดียวกันจะมีความเร็วเท่ากัน[1] จากการวิจัยทางฟิสิกส์ศึกษาพบว่าการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนฝึกเชื่อมโยงความหมายของความเร็ว ความเร่ง กับเหตุการณ์จริง ประกอบกับการวาดกราฟระหว่างตำแหน่งกับเวลา ความเร็วกับเวลา หรือ ความเร่งกับเวลา อย่างเช่นในตัวอย่างที่ 1 เป็นแบบฝึกหัดที่ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจความหมายและสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่ง ความเร็ว ความเร่ง ได้ดี ในแบบฝึกหัดนี้เป็นการฝึกให้ผู้เรียนเชื่อมโยงความหมายเกี่ยวกับตำแหน่ง ความเร็ว ความเร่ง ในแง่ภาษา รูปภาพ และ

ขอแถมด้วยคน



ตัวอย่างที่ 1: แบบฝึกหัดเสริมสร้างความเข้าใจเรื่องตำแหน่ง ความเร็ว ความเร่ง[2]

คณิตศาสตร์ ซึ่งผู้เรียนที่เข้าใจฟิสิกส์ควรมีความสามารถในการเชื่อมโยงความหมายของหลักการสำคัญนี้ในทั้งสามแง่มุม

เมื่อผู้เรียนได้ทำแบบฝึกหัด ผู้สอนสามารถประเมินความเข้าใจของผู้เรียนได้โดยการใช้ข้อสอบในตัวอย่างที่ 2 ซึ่งเป็นการทดสอบว่าผู้เรียนได้เข้าใจถึงความสัมพันธ์ของความเร็วกับตำแหน่งและเวลาหรือไม่ ถ้าผู้เรียนเข้าใจควรจะตอบข้อ ข. แต่ถ้าผู้เรียนตอบข้ออื่นแสดงว่าผู้เรียนยังไม่เข้าใจ ซึ่งในแต่ละคำตอบแสดงถึงความไม่เข้าใจของผู้เรียนดังนี้

- ข้อ ก. ผู้เรียนอาจจะไม่เข้าใจการเชื่อมโยงกราฟตำแหน่ง ความเร็ว ความเร่งกับเวลา ทำให้ผู้เรียนคิดว่าความเร่งควรเป็นศูนย์
- ข้อ ค. หรือ ข้อ ง. ผู้เรียนอาจจะไม่เข้าใจว่าทิศทางของการเคลื่อนที่มีทิศทางเกี่ยวกับความเร็ว หรือ ผู้เรียน

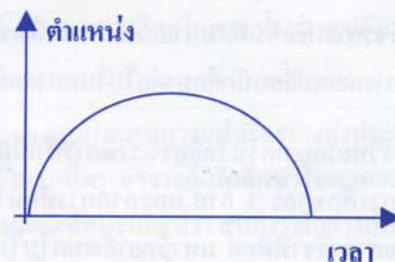
ไม่สามารถวาดกราฟความเร็วกับเวลา จากกราฟตำแหน่งและเวลาที่กำหนดให้ได้ถูกต้อง ซึ่งผู้เรียนอาจไม่เข้าใจการหาความชันจากกราฟที่ไม่เป็นเส้นตรง

- ข้อ จ. ผู้เรียนอาจไม่เข้าใจการหาความเร็วจากความชันของกราฟตำแหน่งกับเวลาที่ไม่มีเป็นเส้นตรง

คำถามข้อนี้สามารถใช้วัดความเข้าใจของผู้เรียนเกี่ยวกับการอ่านค่าความเร็วจากกราฟระหว่างตำแหน่งและเวลา ซึ่งกราฟที่กำหนดให้ไม่เป็นเส้นตรง ดังนั้นผู้สอนควรอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับการหาความชันของกราฟที่ไม่เป็นเส้นตรงและอธิบายว่าเกี่ยวข้องกับความหมายของความเร็วอย่างไร นอกจากนี้ผู้สอนยังสามารถอธิบายเกี่ยวกับทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุว่าจะมีทิศทางเดียวกับทิศความเร็ว โดยใจความหลักที่ผู้สอนสามารถใช้คำถามข้อนี้กระตุ้น

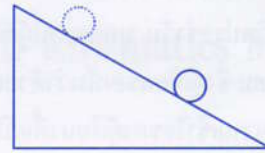
กราฟทางด้านขวาแสดงตำแหน่งของวัตถุในแนวนอนที่ขึ้นอยู่กับเวลา กราฟเป็นรูปครึ่งทรงกลม ข้อความใดต่อไปนี้ไม่ถูกต้อง

- ก. ความเร่งของวัตถุไม่เคยเป็นศูนย์
- ข. ความเร็วเฉลี่ยของวัตถุเป็นบวก
- ค. วัตถุบางครั้งเคลื่อนที่ไปทางขวา
- ง. วัตถุบางครั้งเคลื่อนที่ไปทางซ้าย
- จ. มีหนึ่งช่วงเวลาที่วัตถุหยุดเคลื่อนที่



ตัวอย่างที่ 2: ตัวอย่างคำถามประเมินความเข้าใจเรื่องความเร็วของผู้เรียน

- ถ้าลูกบอลถูกโยนให้กลิ้งขึ้นพื้นเอียง เมื่อถึงจุดหนึ่งลูกบอลก็กลิ้งกลับลงมาตามพื้นเอียง ข้อความใดต่อไปนี้กล่าวถูกต้องเกี่ยวกับทิศทางความเร่งของลูกบอลตลอดการเคลื่อนที่
- ความเร่งของลูกบอลมีทิศขึ้นตามพื้นเอียง
 - ความเร่งของลูกบอลมีทั้งทิศขึ้นตามพื้นเอียงและทิศลงตามพื้นเอียง
 - ความเร่งของลูกบอลมีทิศลงตามพื้นเอียง
 - ลูกบอลไม่มีความเร่ง



ตัวอย่างที่ 3: ตัวอย่างคำถามประเมินความเข้าใจของผู้เรียนเกี่ยวกับความเร่ง

ให้ผู้เรียนคิดและเข้าใจเกี่ยวกับความหมายและการเชื่อมโยงความเร็วในแง่ภาษาและในแง่คณิตศาสตร์ด้วย

ความเข้าใจผิดที่ 2: ความเร่งจะมีทิศทางเดียวกับทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุ

ผู้เรียนส่วนใหญ่มักเข้าใจผิดว่าวัตถุจะเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกับความเร่ง อย่างเช่น เมื่อถามคำถามในตัวอย่างที่ 3 ถ้าผู้เรียนมีความเข้าใจผิดเกี่ยวกับทิศทางของความเร่ง ว่าควรมีทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุผู้เรียนจะตอบข้อ ข. ส่วนผู้เรียนที่มีความเข้าใจถูกต้องควรจะตอบข้อ ค.

ผู้เรียนเกี่ยวกับความเร่ง

คำถามนี้ควรใช้หลังจากได้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ฝึกทำแบบฝึกหัดดังในตัวอย่างที่ 1 ซึ่งผู้เรียนบางส่วนอาจจะยังมีความเข้าใจผิดเกี่ยวกับความเร่งอยู่ ซึ่งคำถามในตัวอย่างที่ 3 ก็เป็นการประเมินความเข้าใจของผู้เรียนในขั้นหนึ่ง ที่เปิดโอกาสให้ผู้สอน

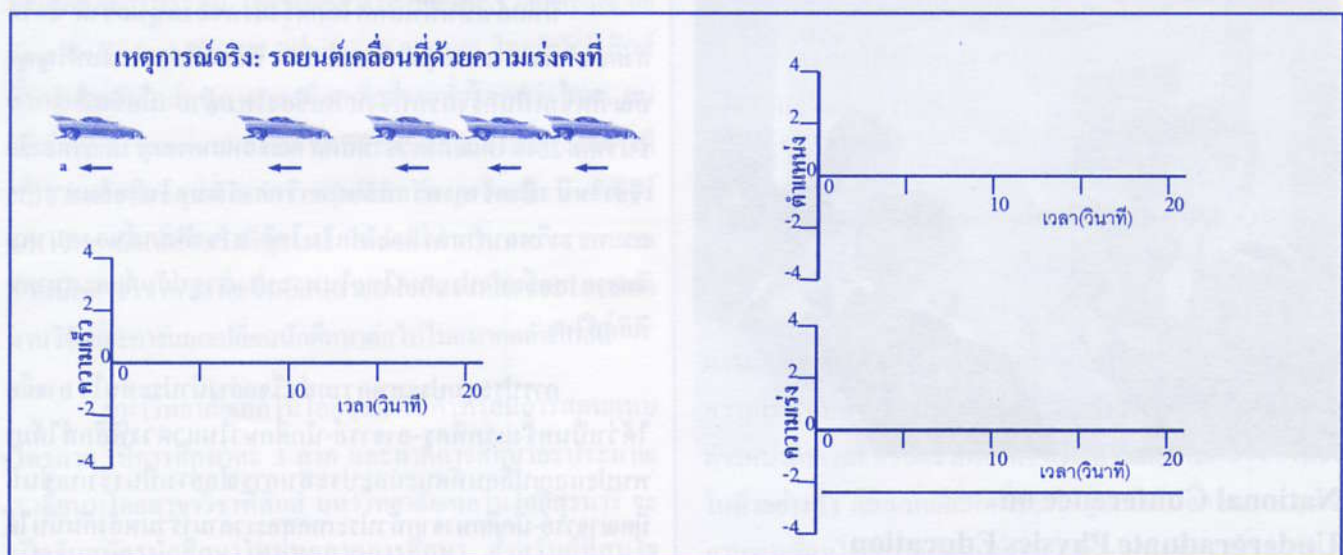
ได้ว่าผู้เรียนที่ตอบผิดยังต้องการคำอธิบายเพิ่มเติมในส่วนของทิศทางการเคลื่อนที่ว่ามีความสัมพันธ์กับทิศของความเร่งหรือไม่

ความเข้าใจผิดที่ 3: วัตถุที่มีอัตราเร็วเป็นศูนย์จะไม่มี ความเร่ง

ผู้เรียนส่วนใหญ่ไม่เข้าใจว่าความเร่งเป็นอัตราส่วนระหว่างการเปลี่ยนแปลงของความเร็วต่อหนึ่งหน่วยเวลา มักเข้าใจผิดว่าความเร่งคือความเร็วต่อหนึ่งหน่วยเวลา ทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจผิดนี้ ข้อเสนอแนะที่จะช่วยให้ผู้เรียนสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับความเร่งและความเร็ว ก็คือการให้ผู้เรียนฝึกหัดวาดกราฟความเร็วกับเวลา ตำแหน่งกับเวลา ของรถยนต์ที่มีความเร่งคงที่ ดังแสดงในตัวอย่างที่ 4

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ในบทความนี้ได้เสนอความเข้าใจผิดของผู้เรียนเกี่ยวกับบทเรียนเรื่องการเคลื่อนที่ในทิศทางเดียว ซึ่งผู้เขียนได้เสนอว่า



ตัวอย่างที่ 4: แบบฝึกหัดเสริมสร้างความเข้าใจเรื่องตำแหน่ง ความเร็ว ความเร่ง [2]

ขอแถมด้วยคน

ควรเน้นให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดดังในตัวอย่างที่กล่าวมาแล้วข้างต้น เพราะจะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจความหมายของความเร็ว ความเร่งทั้งในแง่การใช้ภาษาอธิบาย การอธิบายโดยใช้คณิตศาสตร์ รวมถึงการเชื่อมโยงกับเหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน นอกจากนี้ผู้เขียนเสนอถึงแนวทางการประเมินผลผู้เรียน ซึ่งผู้เขียนขอเน้นว่าตัวอย่างคำถามที่ให้เป็นคำถามที่ใช้ประเมินความเข้าใจของผู้เรียนเพื่อเปิดโอกาสให้ผู้สอนได้ทราบถึงความเข้าใจของผู้เรียนหลังจากการสอน และถ้าพบว่าผู้เรียนยังมีความเข้าใจผิดในส่วนใด ผู้สอนสามารถอธิบายให้ได้ตรงจุดมากขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องหลังจากการสอน

เอกสารอ้างอิง

- [1] "Student difficulties in connecting graphs and physics: Examples from kinematics," L. C. McDermott, M. L. Rosenquist, and E. H. van Zee, Am. J. Phys. **55**, 503-513 (1987)
- [2] Tutorials in Introductory Physics, L. C. McDermott and P. S. Shaffer (Prentice Hall, New Jersey, 2002)

การประชุมแห่งชาติ เรื่อง ฟิสิกส์ศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต



National Conference on Undergraduate Physics Education

(เชิญชมภาพหน้าที่หน้า 27)

ปีที่แล้วเป็นปีฟิสิกส์โลกครั้งแรกของมนุษยชาติ ซึ่งได้ส่งผลให้เกิด การประชุมแห่งชาติ เรื่อง ฟิสิกส์ศึกษาระดับปริญญาบัณฑิตขึ้นเป็นครั้งแรกที่จังหวัดเชียงใหม่ด้วย เมื่อวันที่ 8 - 9 ธันวาคม 2548 โดยมีภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เป็นเจ้าภาพร่วมกับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาฟิสิกส์ของสมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์และสมาคมฟิสิกส์ไทย

การประชุมประสบความสำเร็จอย่างน่าประทับใจ อาจถือได้ว่าป็นครั้งแรกที่ครู-อาจารย์-นักศึกษาในแวดวงฟิสิกส์ได้มาพบปะแลกเปลี่ยนทัศนะและประสบการณ์อย่างเป็นระบบเช่นนี้ มีคณาจารย์-นักศึกษจากทั่วประเทศสละเวลามารวมพลังกันนับได้ 130 ท่าน และมีการเสนอผลงานในรูปแบบโปสเตอร์ถึง 34 เรื่อง ผู้เข้าร่วมประชุมหลายท่าน เห็นคุณค่าของการพบปะกันแบบนี้ จึงอยากให้มีโอกาสเป็นครั้งที่ 2, 3,....

ฟิสิกส์ศึกษาธรรมชาติ ค้นคว้าความรู้พื้นฐานที่สุดและแม่นยำที่สุดจากโลกประสบการณ์ ธรรมชาติส่วนที่นำมาศึกษาเรียกว่าระบบ เราต้องการบ่งบอกบรรยายสมบัติของระบบให้แม่นยำที่สุดก็โดยทำให้เป็นเชิงปริมาณ เรียกว่า **ปริมาณฟิสิกส์** ที่สามารถใช้คณิตศาสตร์เชื่อมโยงความสัมพันธ์ บ่งบอกความเป็นไป หรือบรรยายปรากฏการณ์ของระบบได้อย่างแม่นยำตรง

ไม่ว่าการศึกษาฟิสิกส์ระดับใด ตั้งแต่ชั้นมัธยมปลาย จนถึงวิชาฟิสิกส์ระดับสูงอย่างทฤษฎีสัมพัทธภาพ และกลศาสตร์ควอนตัม เรามักเริ่มต้นศึกษาจาก ปริมาณฟิสิกส์ คือ ศึกษาคุณสมบัติทั่วไปของปริมาณฟิสิกส์ที่เป็นหน้าตาพื้นฐานของระบบ แล้วค่อยศึกษาทฤษฎีหรือทฤษฎีว่าด้วยปรากฏการณ์ของหน้าตาเหล่านี้

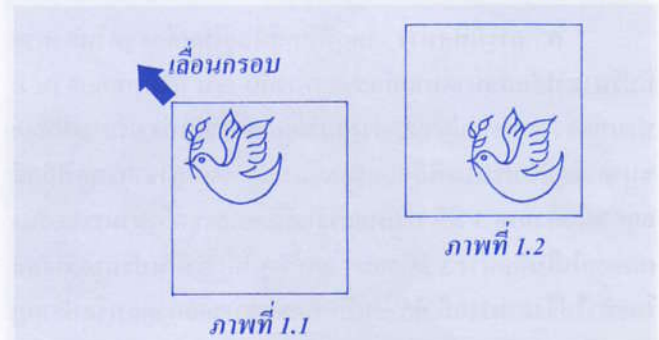
เราได้รับการบอกเล่าตั้งแต่ชั้นมัธยมปลายว่าปริมาณฟิสิกส์สำคัญๆ มี 2 ประเภท คือ ปริมาณสเกลาร์ และปริมาณเวกเตอร์ โดยปริมาณสเกลาร์ คือ ปริมาณที่มีแต่นำ ไม่ค่อยมีใครตั้งข้อสงสัยต่อนิยามแบบนี้เพราะเรารู้คุ้นเคยกับ concept “ขนาด” แต่ปริมาณเวกเตอร์ คือ ปริมาณที่มีขนาดและทิศทาง หมายความว่าอย่างไร? ทำไมต้องเป็นเวกเตอร์? นอกจากขนาดและทิศทางยังเป็นอย่างอื่นอีกได้หรือไม่? ทำไมเวกเตอร์จึงยังมีคุณสมบัติอื่นๆ เช่น การบวก, มีผลคูณภายในหรือผลคูณ dot เป็นเรานิยามขึ้นมาเองหรือมีมาอยู่แล้ว? ฯลฯ ในความเห็นผม เวกเตอร์เป็นหน้าตาพื้นฐานของสิ่งภายในเอกภพ **แม้ชาวฟิสิกส์รุ่นเคยกันดีที่สุด แต่กลับลืกลืมที่สุด เช่นเดียวกับตัวเอกภพเอง**

เวกเตอร์เป็นประตูแรกที่เข้าสู่วิชาฟิสิกส์ แต่การทำความเข้าใจจริงๆ ด้วยการตอบคำถามข้างต้น ไม่ใช่สิ่งง่ายนัก ดังที่ Feynman จัดว่าเป็น “Six not-so-easy pieces” ในฟิสิกส์ ที่ต้องใช้วิธีวิทยา (methodology) สำคัญในฟิสิกส์ทฤษฎียุคใหม่ทำความเข้าใจ (Feynman, 1997: คู่มือ (Introduction) ของ Roger Penrose หน้า x, xi) ในบทความชุดนี้จะลองเรียบเรียงประสานวิธีวิทยาในฟิสิกส์ทฤษฎียุคใหม่ให้เข้ากับแนววิศึกษาเวกเตอร์ในดาราศาสตร์เบื้องต้น (มัธยมปลายจนถึงระดับปีหนึ่งมหาวิทยาลัย) ที่นิยมแสดงเวกเตอร์เป็นภาพเรขาคณิต เพื่อเทียบเคียงความลึกลับเหล่านี้เท่าที่ผมจะทำได้ (แต่ไม่ใช่ทำให้ง่ายขึ้นเลย) โดยจะนำเสนอเพียงแนวคิดสำคัญเบื้องต้น จึงกล่าวเน้นเฉพาะปริมาณฟิสิกส์ในขอบเขตนิวตัน (Newton regime) ที่ใช้อวกาศและเวลาแบบกาลิเลียน (Galilean space

เวกเตอร์ I:

หน้าตาพื้นฐานของสิ่งในเอกภพ

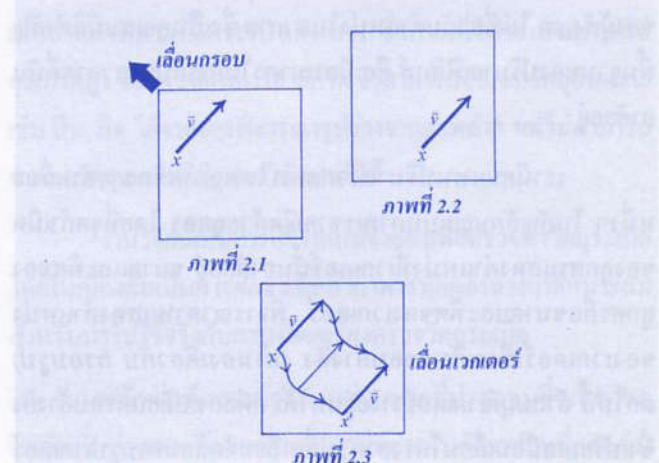
ชาญกิจ กันล่อง



and time) ซึ่งเป็นกรณียางที่สุด สำหรับในขอบเขตอื่นๆ เช่น สัมพัทธภาพ ก็เป็นเพียงการขยายวิธีวิทยาทำนองเดียวกันนี้ แต่คณิตศาสตร์อาจจะซับซ้อนกว่ามาก จะแบ่งบทความเป็น 3 ตอนคือ I: หน้าตาพื้นฐานของสิ่งในเอกภพ, II: การบวกเวกเตอร์ และการประดับประดาอวกาศ, III: เรขาคณิต ผลคูณภายใน และเวกเตอร์ทั่วไป

เอกภพ มีสรรพสิ่งบรรจุหรือกินที่อยู่ภายในมิติอวกาศ และเปิดโอกาสให้สรรพสิ่งเคลื่อนที่เปลี่ยนแปลงไปได้ด้วยตนเอง แสดงให้เห็นถึงเอกภพมีอีกมิติหนึ่งรองรับวิวัฒนาการของสรรพสิ่ง เรียกว่ามิติเวลา

วัตถุฟิสิกส์ (physical objects) คือ สิ่งที่อยู่ภายในอวกาศ มีคุณสมบัติหรือลักษณะหน้าตาที่สำแดงเป็นปรากฏการณ์ต่างๆ ออกมา เราทำสมบัติเหล่านี้ให้เป็นเชิงปริมาณเรียกว่า **ปริมาณฟิสิกส์** (physical quantity) ด้วยการเลือกสมบัติชนิดหนึ่งขนาดหนึ่งมาเป็นหน่วยมาตรฐาน แล้ววัด “ความแรง” ของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจากสมบัติชนิดนี้ในขนาดที่พิจารณา คิสเกลโดยเทียบกับ “ความแรง”



ของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจากสมบัติขนาดมาตรฐาน ปริมาณฟิสิกส์
อยู่ในอวกาศและเวลา คุณสมบัติของสถานที่อยู่คือ อวกาศและ
เวลาเป็นตัวกำหนดสิ่งที่อยู่อาศัยว่าสามารถอาศัยอยู่ในลักษณะเช่น
ไร เป็นการกำหนดคุณสมบัติพื้นฐานและทั่วไปของปริมาณฟิสิกส์
มีดังต่อไปนี้

ก. การมีทิศทาง วัตถุฟิสิกส์ที่อยู่ในแต่ละจุดในอวกาศ
มีปริมาณฟิสิกส์ขนาดมากน้อยแตกต่างกัน เช่น กลุ่มหมอกควัน มี
ปริมาณความหนาแน่น แตกต่างกันในแต่ละตำแหน่ง ปริมาณนี้มีแต่
ขนาด จึงเป็นปริมาณฟิสิกส์แบบสเกลาร์ แต่เนื่องจากวัตถุฟิสิกส์
อยู่ในอวกาศ 3 มิติ ปริมาณฟิสิกส์ในแต่ละจุดจึงสามารถแสดง
ผลออกไปเป็นทิศทาง 3 มิติรอบๆ จุดนั้นๆ ได้ ดังนั้นปริมาณฟิสิกส์
โดยทั่วไปจึงสามารถมี ทิศ ซึ่งเป็นทิศของการแสดงผลหรือปรากฏ
การณ์ในอวกาศ อย่างเช่น กลุ่มหมอกควันในอวกาศสามารถ
เคลื่อนที่ปั่นหมุนวนด้วยความเร็วมากน้อยแตกต่างกันในแต่ละจุด
มีปริมาณความเร็วเป็นคุณสมบัติการเคลื่อนที่ของอนุกรมหมอกควันซึ่ง
มีทิศบ่งบอกการเคลื่อนที่ที่กำลังพัดพาออกจากแต่ละจุดไปใน
ทิศทางใด ซึ่งเป็นปริมาณเวกเตอร์

ข. ความสมมาตรในอวกาศ อวกาศมีลักษณะสมมาตร
คือ ถ้าพิจารณาเฉพาะตัวอวกาศหรือสถานที่ ไม่เน้นวัตถุภายใน
ทุกจุดในอวกาศมีลักษณะเหมือนกันหมด concept ตำแหน่งไม่มี
ความหมาย เปรียบเหมือนกับเราหลงป่า เห็นทิวทัศน์ในป่าอัน
กว้างใหญ่เหมือนกันหมด จึงไม่ทราบที่เราอยู่ส่วนไหนของป่า
ต้องสังเกตจุดอ้างอิงอย่าง ภูเขา แม่น้ำ หรือ ดวงอาทิตย์ ดวงดาว
ก็จะบอกตำแหน่งในป่าได้ พิจารณาภาพที่ 1.1 และ 1.2 ตำแหน่ง
ของภาพนกจะมีความหมายต่อเมื่อเทียบกับวัตถุอ้างอิงคือกรอบรูป
ในทำนองเดียวกัน เมื่อเราประดับประดาอวกาศ ตำแหน่งต่างๆ
ก็จะมีความหมาย เช่น สื่อความรู้สึกแก่เราว่าสภาพสมดุลหรือไม่
สมดุล ถ้าเราย้ายกรอบรูปไปมา แม้เปลี่ยนตำแหน่งของภาพ แต่
ตัวภาพนกก็ยังเป็นภาพเดิมไม่เกี่ยวกับสถานที่อยู่ในอวกาศ
เช่นเดียวกับตัววัตถุฟิสิกส์และปริมาณฟิสิกส์ไม่เกี่ยวกับตำแหน่ง
ของผู้สังเกต ไม่เกี่ยวกับตำแหน่งในอวกาศ ซึ่งเป็นคุณสมบัติสำคัญ
พื้นฐานของปริมาณฟิสิกส์ คือ มีสมมาตรในการแปลงอวกาศที่มัน
อาศัยอยู่

เรานิยามแทนปริมาณเวกเตอร์ในอวกาศของกรอบเฉื่อย
หนึ่งๆ ในสัญลักษณ์แบบภาพเรขาคณิตด้วยลูกศร โดยที่จุดกำเนิด
ของลูกศรแสดงตำแหน่งที่เวกเตอร์นั้นอาศัยอยู่ ขนาดและทิศของ
ลูกศรคือขนาดและทิศของเวกเตอร์ พิจารณาภาพแสดงตำแหน่ง
ของเวกเตอร์เทียบกับกรอบอ้างอิง (ทำนองเดียวกับ กรอบรูป)
ต่อไปนี้ ถ้าสมมุติเวกเตอร์วางอยู่บนโต๊ะ แต่ลองเปลี่ยนกรอบอ้างอิง
ซึ่งเปรียบเสมือนเลื่อน โครงลวดรูปสี่เหลี่ยมคดล้อมกรอบรูปเวกเตอร์

จากภาพที่ 2.1 ไป ภาพที่ 2.2 จะเห็นว่าเป็นการเปลี่ยนผู้สังเกต
หรือเลื่อนกรอบลวด ไม่ได้เปลี่ยนตัวเวกเตอร์ ซึ่งขนาดและทิศทาง
ยังคงเดิม มีมุมมองที่สมมูลกันคือ เราเลื่อนเวกเตอร์ไปพร้อมกับ
ทุกวัตถุฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องภายในกรอบ โดยไม่ได้เลื่อนกรอบลวด
(เปรียบเสมือนเลื่อน โต๊ะ ไปแต่จับกรอบการมองให้อยู่หนึ่งกับที่)
ดังภาพที่ 2.3 ทั้ง 2 มุมมองนี้เกี่ยวกับมุมมองของผู้สังเกตและกรอบ
อ้างอิง ไม่เกี่ยวกับตัวเวกเตอร์จึงยังถือว่าเป็นเวกเตอร์เดิม การแปลง
เวกเตอร์ในอวกาศโดยรักษาขนาดและทิศของเวกเตอร์ไว้เรียกว่า
การเลื่อนขนาน (parallel transport) ส่วนการแปลงอีกชนิดคือ
การหมุนกรอบอ้างอิง แม้ทำให้เห็นทิศของเวกเตอร์เทียบกับกรอบ
เปลี่ยนไป แต่ก็ยังคงเป็นวัตถุฟิสิกส์เดิม มีสมบัติเฉพาะตัวดังเดิม
เมื่อ “กรอบ” เอมุมมองผู้สังเกตออกไป identify เวกเตอร์ที่แทน
สมบัติเฉพาะตัวนี้จากทุกกรอบให้เป็นเวกเตอร์เดียวกัน ดังนั้น
แม้หมุนกรอบแล้วก็ยังถือว่าเป็นเวกเตอร์เดิม แต่มองด้วยวิธีใหม่

เรากล่าวโดยทั่วไปว่า คุณสมบัติพื้นฐานทั่วไปหนึ่งของ
ปริมาณเวกเตอร์ในอวกาศ คือ ไม่แปรเปลี่ยน (invariance) ในการ
เลื่อนขนาน และไม่แปรเปลี่ยนในการหมุน ของผู้สังเกตหรือ
(ในอีกมุมมองหนึ่ง) ของ “ระบบที่เกี่ยวข้องทั้งหมดในอวกาศ” เช่น
การย้ายกลุ่มหมอกควันที่มีสนามความหนาแน่น และกระแส
(ลูกศร) ความเร็วไปทั้งกลุ่ม คุณสมบัตินี้สำคัญยิ่งเพราะเป็นแนววิธี
วิทยาศาสตร์ในฟิสิกส์ทฤษฎียุคใหม่ที่ใช้เป็นวิธีนิยามปริมาณฟิสิกส์
อย่างทั่วไปในอวกาศและเวลา ซึ่งพบว่ามี 2 ประเภทเรียกว่า
ปริมาณเทนเซอร์ และสปีนเนอร์ ปริมาณสเกลาร์และเวกเตอร์
ต่างก็เป็นกรณีเฉพาะหนึ่งของเทนเซอร์ และปริมาณฟิสิกส์
ในลักษณะนี้จึงสามารถเป็นปริมาณฟิสิกส์ในกฎฟิสิกส์ที่ต้องมี
หลักสัมพัทธภาพ คือ รูปกฎฟิสิกส์ไม่แปรเปลี่ยนในการแปลง
กรอบเฉื่อย ซึ่งเป็นการแปลงกรอบอ้างอิงทั่วไปที่รวมเอาการแปลง
อวกาศแบบเลื่อนที่ (translation), การหมุน (rotation), และการแปลง
ผู้สังเกตอิสระที่เคลื่อนที่สัมพัทธ์กันด้วยความเร็วคงที่ (boost)
เอาไว้แล้ว เป็นแนววิธีอันทรงพลังในการสังเคราะห์สืบค้นกฎฟิสิกส์
ที่ยังไม่รู้จัก

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาจารย์อภิสิทธิ์ อังกิจานุกิจ ผู้เริ่มต้นชี้แนะ
การศึกษาประเด็นเหล่านี้แก่ผู้เขียน และอาจารย์สดชื่น วิบูลย์เสข
สำหรับคำถาม ที่ทำให้ผู้เขียนต้องทำความเข้าใจมากยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

Feynman, R. P. 1997. *Six not-so-easy pieces: Einstein's relativity, symmetry and space-time.* (1st published in 1963) Penguin.

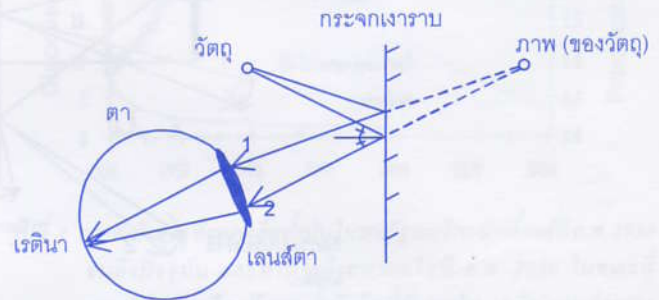
ฟิสิกส์ของแสงเชิงบรรยาย(เพื่อให้เข้าใจ)

สมชาย เกียรติกมลชัย

เราทำอะไรได้บ้างจากการเรียนเรื่องกระจกโค้งและเลนส์
บางคนอาจจำสมการ $\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}$ ว่าเป็นสมการที่แสดงความสัมพันธ์
ระหว่างระยะวัตถุ p ระยะภาพ q และ ความยาวโฟกัส f บางคน
อาจนึกได้ว่ามันมีเรื่องเครื่องหมายอีกว่าบวกและลบจะใช้เมื่อไหร่
ใช้อย่างไร บางคนอาจคุ้น ๆ ว่าเลนส์เว้าจับคู่กับกระจกนูน เลนส์นูน
จับคู่กับกระจกเว้า บางคนอาจเคยท่องได้ว่าเมื่อวางวัตถุที่ตำแหน่ง
ต่าง ๆ เทียบกับความยาวโฟกัสจะเกิดภาพที่ตำแหน่งใด ภาพจริง
หรือภาพเสมือน หัวตั้งหรือหัวกลับ รวมถึงขนาดที่ใหญ่หรือเล็กกว่า
วัตถุ แต่ผมเชื่อแน่ว่ามีไม่มากนักที่จะ “ท่องจำ” ได้หมดและประเด็น
สำคัญอย่างเช่น แขนงขยายจะให้ภาพขยายเมื่อระยะวัตถุน้อยกว่า
ระยะโฟกัส ก็อาจไม่ได้ถูกเน้นย้ำทั้ง ๆ ที่พื้นฐานมากที่
นักเรียนได้พบเห็นบ่อย ๆ แล้วเราควรจะทำอย่างไรนักเรียนจึงจะจำ
อะไรบางอย่างที่เป็นฐานต่อการใช้ชีวิตประจำวัน คำตอบน่าจะอยู่ที่
“การพยายามบรรยายปรากฏการณ์ต่าง ๆ อย่างช้า ๆ ค่อยเป็นค่อยไป
ให้เห็นความต่อเนื่องของการเปลี่ยนแปลงในปรากฏการณ์เมื่อ
ปัจจัยต้นได้ถูกเปลี่ยนแปลง” หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ “การสังเกต
สถานการณ์โดยรอบ ด้วยความครบถ้วน เป็นการศึกษาเชิงคุณภาพ
เมื่อเห็นภาพโดยรวมแล้วจึงค่อย ๆ นำเข้าสู่ภาคคำนวณเพื่อให้
การศึกษานั้นเป็นไปโดยละเอียดยิ่งขึ้น มีตัวเลขเพื่อใช้เปรียบเทียบ
และพยากรณ์ เป็นการศึกษาเชิงปริมาณ” ประหนึ่งการสร้างบ้านที่
ต้องขึ้นโครงขึ้นคานเมื่อโครงหลักได้ จึงค่อยก่อผนัง ใส่หน้าต่าง
ประตู ใส่รายละเอียดต่าง ๆ ลงไปในโครงบ้านที่แข็งแรง

เพื่อแสดงให้เห็นเป็นตัวอย่าง (คงไม่ใกล้เคียงกับ “อาจ
สามารถโมเดล” ครีป...ฮา) จะขออนุญาตนำเสนอเนื้อหาเรื่องฟิสิกส์
ของแสงในรูปแบบบรรยายแบบค่อยเป็นค่อยไป ไม่เร่งรีบ

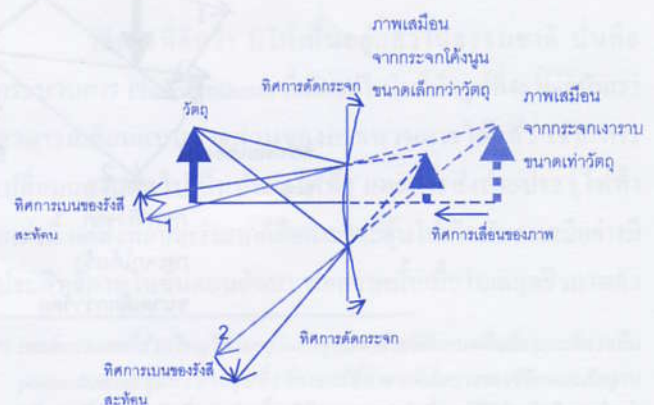
เมื่อกล่าวถึงแสง การมองเห็นวัตถุจะเป็นสิ่งพื้นฐานที่เรา
ทุกคนยอมรับ มันคงเกิดปัญหาอย่างยิ่งถ้าเรามองไม่เห็น หรือ
มองเห็นแต่สิ่งนั้นไม่ใช่สิ่งจริง (ออกแนวปรัชญานิดๆ) กล่าวคือ
มองเห็นแต่เป็นภาพของวัตถุ ไม่ใช่ตัววัตถุนั้นโดยตรง การมองเห็นภาพ
ของวัตถุในกระจกเป็นสิ่งที่เราเคยชิน กระจกเงาที่สะท้อนแสง
ได้ดีมาก ๆ และบานใหญ่มากอาจทำให้เราแทบจะไม่รู้เลยว่าสิ่งที่
เห็นนั้นเป็นวัตถุจริง ๆ หรือภาพสะท้อน หลักการมองเห็นมีอยู่ว่า



รูปที่ 1 การเห็นภาพในกระจกเงาราบ

รังสีจากจุดใด ๆ บนสิ่งที่เห็นนั้นต้องมาตัดกันที่บริเวณเดียวกันที่
เรตินาในดวงตา จากรูปที่ 1 ให้วัตถุเป็นจุดหนึ่งจุดที่ให้รังสีแสง
โดยรอบ เมื่อพิจารณารังสีสองเส้นจากวัตถุที่วิ่งไปยังกระจกเงาราบ
และให้รังสีสะท้อนที่บานออก ไม่ตัดกันเอง แต่เมื่อเลนส์ตา
พยายาม “โฟกัส” แสงดังกล่าว เราจึงมองเห็นภาพ โดยธรรมชาติ
สมองจะประมวลผลว่า “แสงมาจากไหน สิ่งที่เราเห็นก็มาจากใน
ทิศนั้น” เพราะเราชินกับแสงที่เดินทางเป็นเส้นตรงในตัวกลางหนึ่งๆ
ดังนั้นเมื่อลากเส้นประไปตัดหลังกระจกก็จะเกิดตำแหน่งของภาพ
ของวัตถุที่เราเห็น เราจึงเห็นวัตถุอยู่ในกระจก

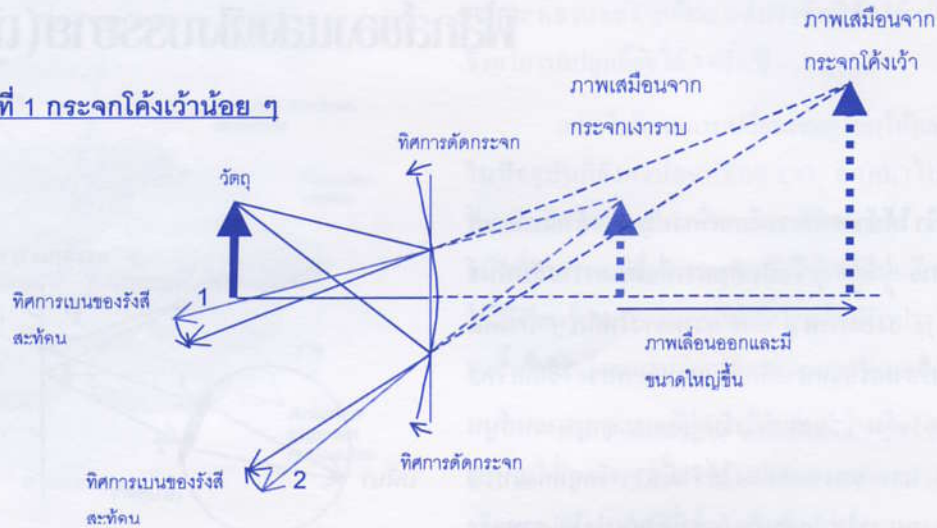
เริ่มต้นจากกระจกเงาราบเราก็ควรแสดงต่อนักเรียนให้เห็น
ความต่อเนื่องในปรากฏการณ์สะท้อนนี้ว่า เมื่อเราพยายามตัดกระจก
เงาราบให้โค้งนูนดังรูปที่ 2 และลากเส้นรังสีให้ได้สัดส่วนที่ไม่เพี้ยน



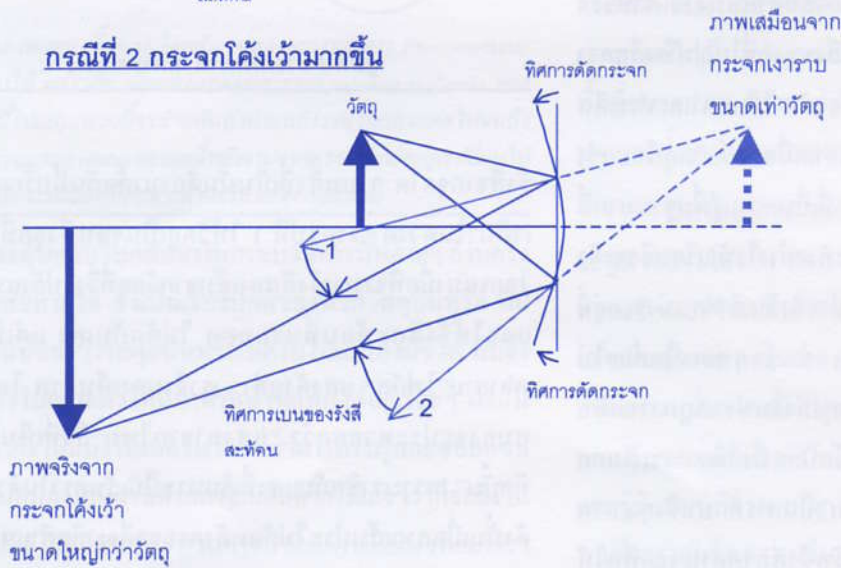
รูปที่ 2 การตัดกระจกให้โค้งนูนทำให้เกิดภาพเสมือนเสมอ ขนาดเล็กกว่าวัตถุ

เรียนเล่นฟิลิกส์

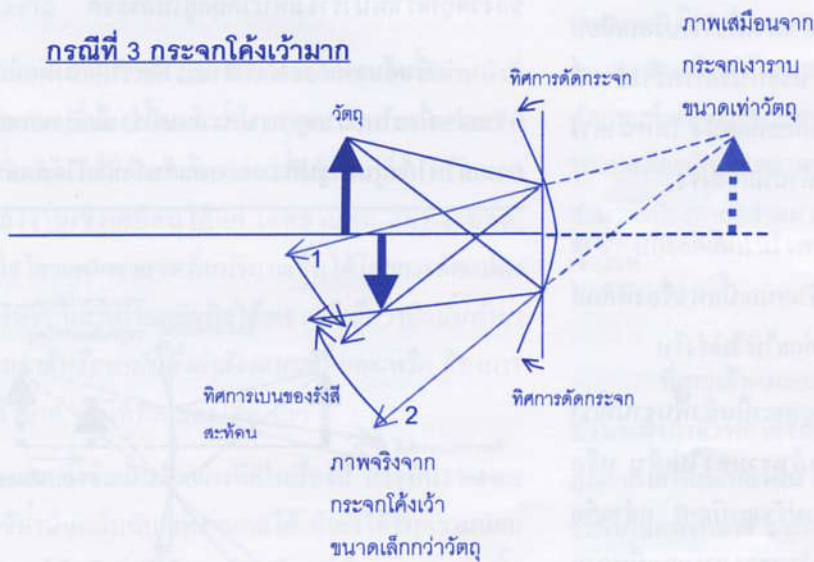
กรณีที่ 1 กระจกโค้งเว้าเล็กน้อย



กรณีที่ 2 กระจกโค้งเว้ามากขึ้น



กรณีที่ 3 กระจกโค้งเว้ามาก



รูปที่ 3 การตัดกระจกเงาราบให้เป็นกระจกโค้งเว้าสามารถทำให้เกิดได้ทั้งภาพเสมือนหลังกระจก และภาพจริงหน้ากระจก

เรียนเล่นฟิลิกส์

เกินไปจากความเป็นจริง เมื่อเทียบกับกรณีกระจกเงาราบเราจะเห็นว่า ในกรณีกระจกโค้งนูนนี้ รังสีสะท้อนหมายเลข 1 และ 2 จะยังบานออกจากกันเสมอไม่ว่าจะตัดให้โค้งนูนอย่างไร ดังนั้นเราจึงไม่ต้องการหวังว่ารังสีสะท้อนจะไปตัดกันหน้ากระจกได้ การเห็นภาพก็จะเข้าไปในแนวเดียวกับการเห็นภาพจากกระจกเงาราบ กล่าวคือ ต้องมีการต่อแนวรังสีสะท้อนให้ย้อนกลับไปที่หลังกระจก ซึ่งเราเรียกว่า ภาพเสมือน โดยการวาดอย่างเหมาะสม ถูกสัดส่วน เรา จะเห็นว่าภาพที่ได้ก็จะคล้ายๆ กับภาพในกระจกเงาราบ คือเป็นภาพ หัวตั้งเหมือนกับวัตถุแต่ภาพมีขนาดเล็กลง

กระจกโค้งนูนมีให้เห็นทั่วไปตามทางแยกหักศอก สำหรับมองรถที่สวนมา คำถามที่ชวนคิดสำหรับนักเรียนหรือบุคคลทั่วไปคือว่าถ้าไม่มีกระจกโค้งนูนเราใช้กระจกเงาราบแทนได้หรือไม่ ทำไมต้องซื้อกระจกโค้งนูนซึ่งแน่นอนว่ามีราคาแพงกว่ากระจกเงาราบ ถ้าได้ทำไม่ได้เห็นมีการใช้กัน หรือกระจกโค้งนูนดีกว่ากระจกเงาราบอย่างไร คำถามเหล่านี้จะเป็นประเด็นที่ให้ได้ขบคิด ให้คิดกันนานๆ คิดถึงบ่อยๆ ให้ได้คิดถึงทั้งคำตอบที่อาจจะ“ใช่”และคำตอบที่อาจจะ“ไม่ใช่” (ผมพบว่าในยุคนี้ทุกคนต้องการทำอะไรครั้งแรกแล้วต้องถูก ต้องใช่ ต้องได้อยู่ตลอดเวลา... “กลัวผิด” คงเป็นคำกล่าวที่ไม่แรงเกินไปนะครับ) เมื่อได้คิดพอสมควรแล้วครูอาจารย์ผู้สอนก็ถึงเวลาที่ควรชี้แจงอย่างเป็นเหตุเป็นผลให้ฟัง ตัวอย่างคำอธิบายง่ายๆ ก็คือว่าแสงที่ออกจากจุดใด ๆ ถูกกระจายออกด้วยกระจกโค้งนูน ถ้าตำแหน่งของจุดใด ๆ นั้นคือดวงตาและให้แสงวิ่งย้อนกลับมาสู่ตา เราก็จะมองเห็นสิ่งต่าง ๆ ได้เป็นมุมกว้างกว่ากระจก

ในกรณีต่อไป ถ้าเราตัดกระจกเงาราบให้เกิดความโค้งเว้า ดังรูปที่ 3 รังสีสะท้อนหมายเลข 1 และ 2 จะบานออกจากกันน้อยลง เมื่อตัดกระจกให้โค้งเว้าน้อยๆ รังสีสะท้อนหมายเลข 1 และ 2 จะเริ่มเบนเข้าหากันแต่ยังไม่มากพอที่จะตัดกันหน้ากระจก การเกิดภาพก็ไม่ต่างจากภาพจากกระจกเงาราบ โดยต้องต่อแนวรังสีสะท้อนให้ไปตัดกันที่หลังกระจก ลักษณะภาพที่ได้จึงมีขนาดใหญ่กว่าภาพจากกระจกเงาราบ ตัวอย่างประยุกต์ใช้งานในกรณีนี้คือกระจกส่องพื้นที่ทันตแพทย์ใช้เพื่อมองภาพขยายของฟันเรา เมื่อเราไปทำฟัน ทันตแพทย์ไม่ได้ใช้เลนส์นูนส่องฟันเรา....

เมื่อเพิ่มความโค้งเว้าให้มากขึ้นจนเกิดกรณีที่รังสีสะท้อน หมายเลข 1 และ 2 ขนานกัน ทำให้ไม่สามารถตัดกันได้ที่ หน้ากระจกและหลังกระจก ดังนั้นกรณีนี้ภาพที่ได้จะเบลอมามาก หรือเราเรียกว่าไม่เกิดภาพ ถามว่าเราเห็นหรือไม่ แน่แน่นอนเรามองเห็นเพราะอย่างไรเสียเลนส์ตาที่พยายามปรับความโค้งเลนส์ตาเพื่อให้เกิดภาพที่คมชัดที่สุด แต่สมองเราไม่สามารถแปลผลได้ว่าเป็นรูปอะไร เมื่อเพิ่มความโค้งขึ้นไปอีก รังสีสะท้อน หมายเลข 1 และ 2 จะสามารถตัดกันเองได้ที่หน้ากระจก ภาพที่เกิดขึ้นจะมีขนาดใหญ่กว่าวัตถุมากแต่กลับหัว ซึ่งเรียกกันทั่วไปว่า “ภาพจริง” เอาจากเช่น กระจกฝ้า มารับภาพ ณ ตำแหน่งที่เกิดภาพได้ ถ้าถามที่ชวนให้สงสัยคือว่า ถ้าใช้ตาเปล่ามองจะเห็น “ภาพจริง” นี้หรือไม่....หรือว่าเฉพาะภาพเสมือนอย่างเช่นกรณีภาพจากกระจกเงาราบ กระจกโค้งนูน และกระจกโค้งเว้าที่โค้งน้อยๆ เท่านั้นที่เรามองเห็นได้ด้วยตาเปล่า

เมื่อเรายิ่งเพิ่มความโค้งเว้ามาก ๆ ขึ้นสิ่งที่เราเห็นก็คือจุดตัดของรังสีทั้งสองจะใกล้กระจกมากยิ่งขึ้น ได้ภาพหัวกลับที่มีขนาดเล็กลง ๆ เราอาจจินตนาการต่อยอดได้ว่าถ้ากระจกโค้งเว้ามาก ๆ สุดท้ายเราก็จะไม่เห็นอะไร แสงคงไปกระจุกตัวรวมกันที่จุดกึ่งกลางติด ๆ ผิวกระจกนั่นเอง

กระจกโค้งเว้าและกระจกโค้งนูน สามารถหาได้ง่ายๆ ในครัวครัว คือ ช้อนสแตนเลสนั่นเอง ถ้าพลิกด้านหน้าเป็นกระจกโค้งเว้า ด้านหลังก็เป็นกระจกโค้งนูน

การบรรยายลักษณะนี้ใช้เวลาค่อนข้างมากและอาจไม่ทันใจครูอาจารย์ที่มีเวลาจำกัดในการสอน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในยุคนี้ที่โรงเรียนมัธยมจำนวนมากต้อง “รีบ” สอนเนื้อหาฟิลิกส์ทั้งหมดให้อบภายใน ๓.๖ เทอมแรกและนักเรียนจำนวนมากเช่นกันที่ “ตาม” เนื้อหาในโรงเรียนไม่ทันและต้องพึ่งแหล่งข้อมูลภายนอกอันรวมไปถึงการเรียนเสริมเรียนพิเศษ ผู้เขียนขอยืนยันว่าความรู้พื้นฐานทางฟิลิกส์ไม่สามารถ “อัด” ให้เข้าไปได้ในเวลาอันสั้นเกินไป โดยเฉพาะในสภาพที่ผู้รับไม่พร้อมจะรับ... ถึงแม้ผู้ให้อยากจะให้ก็ตาม... ขอให้ค่อย ๆ เรียนค่อย ๆ สอนกันนะครับ

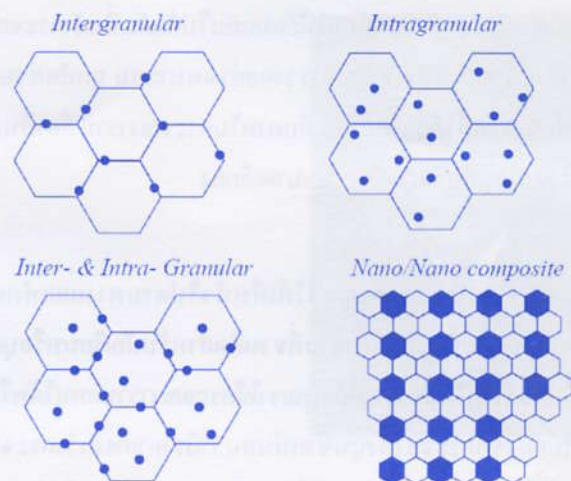
นาโนคอมโพสิตสำหรับอิเล็กทรอนิกส์

วรรณวิทย์ ไชยสาร*

สุพล อนันตา**

นักวิจัยในวงการอิเล็กทรอนิกส์ (Electroceramics) ในปัจจุบัน ได้พยายามที่จะคิดค้นหาวิธีการเพิ่มความสามารถและประสิทธิภาพของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ให้มากยิ่งขึ้นควบคู่ไปกับการพยายามหาหนทางลดขนาดของอุปกรณ์เหล่านี้ให้เล็กลงไปเรื่อยๆ โดยยังคงสามารถรักษาประสิทธิภาพไว้ให้ได้เท่าเดิมหรือถ้าทำให้ดีขึ้นจากเดิมได้ก็ยิ่งดี มีนักวิจัยเป็นจำนวนมากที่ได้พยายามทำการศึกษาวิจัยในประเด็นดังกล่าวโดยอาศัยวิธีการต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งวัสดุที่มีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ในอุปกรณ์ต่างๆ ตามที่มนุษย์ต้องการต่อไป โดยเท่าที่ผ่านมาก็ได้มีงานวิจัยอยู่จำนวนหนึ่งที่ประสบความสำเร็จในการค้นพบเทคนิควิธีการใหม่ๆ ในการสร้างวัสดุรวมไปจนถึงการพัฒนาต่อขอวิธีการเดิมๆ ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งในปัจจุบันวัสดุนาโน (nanomaterials) รวมไปถึงเซรามิกนาโนคอมโพสิต (ceramic nanocomposites) ก็ถูกจัดได้ว่าเป็นวัสดุที่กำลังได้รับความสนใจในการศึกษาค้นคว้าและพัฒนาในวงการอิเล็กทรอนิกส์และวัสดุศาสตร์มากยิ่งขึ้นเป็นลำดับเช่นกัน

เซรามิกนาโนคอมโพสิตเป็นชื่อเรียกขานเซรามิกกลุ่มหนึ่งที่เกิดขึ้นมาจากการนำองค์ประกอบของสารเซรามิกตั้งแต่สองเฟสขึ้นไปมาจัดวางให้รวมตัวอยู่ภายในวัสดุชิ้นเดียวกัน โดยมีเงื่อนไขคร่าวๆ อยู่ตรงที่ว่าอย่างน้อยขนาดของเฟสใดเฟสหนึ่งจะต้องอยู่ในเรอียนของนาโนเมตร (10^{-9} เมตร) ซึ่งเซรามิกในกลุ่มนี้สามารถแสดงลักษณะเฉพาะที่มีประสิทธิภาพโดดเด่นได้หลากหลายหรือสูงกว่าเซรามิกทั่วไปที่มีองค์ประกอบชนิดเดียวกันแต่ไม่ได้มีการควบคุมขนาดหรือการจัดวางแต่ละเฟสองค์ประกอบอย่างเป็นเรื่องเป็นราว [1] ทั้งนี้คุณสมบัติหลักๆ ที่เซรามิกนาโนคอมโพสิตแสดงออกมานั้นก็จะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลักหลายอย่าง อาทิเช่น ขนาดและลักษณะการจัดวางของแต่ละเฟสองค์ประกอบภายในวัสดุ รวมไปถึงลักษณะพื้นฐานของวัสดุด้วย [2] อย่างไรก็ตาม กระบวนการสร้างเซรามิกให้มีขนาดของแต่ละเฟสองค์ประกอบอยู่ในระดับนาโนเมตรในทางปฏิบัตินั้นก็ยังคงมีข้อจำกัดอยู่มากเนื่องจากแรงขับเคลื่อนทางเทอร์โมไดนามิกส์ที่จำเป็นต้องใช้ในการโคของเกรนภายในเซรามิกนั้นมีค่าสูงมาก จึงส่งผลทำให้



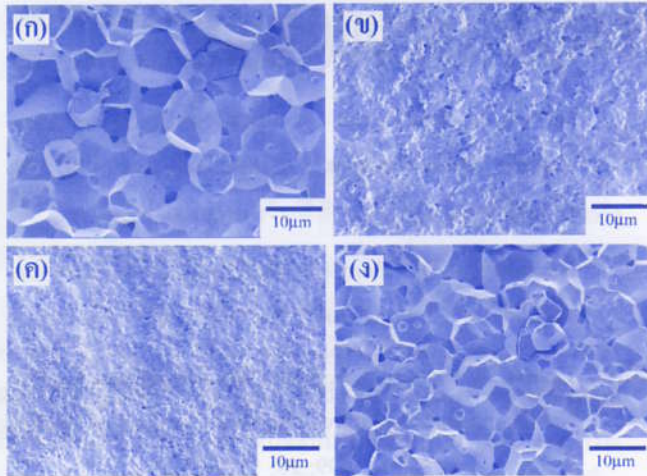
รูปที่ 1 แบบจำลองโครงสร้างจุลภาคของเซรามิกนาโนคอมโพสิตตามแนวคิดของ Niihara และคณะ [3] โดยเฟสสีขาวคือเฟสหลัก (matrix phase) และเฟสสีดำคือเฟสรอง (secondary phase)

การคงสภาพของแต่ละเฟสองค์ประกอบภายในเซรามิกให้มีขนาดอยู่ในระดับนาโนเมตรนั้นเป็นไปได้ยากมาก ดังนั้น สิ่งหนึ่งที่นักวิจัยในวงการเซรามิกยุคใหม่ในปัจจุบันกำลังให้ความสนใจกันเป็นอย่างมาก ก็คือ การพยายามคิดค้นเพื่อหาวิธีการจัดวางเฟสองค์ประกอบและควบคุมโครงสร้างจุลภาคโดยรวมของเซรามิกที่มีขนาดเกรนอยู่ในเรอียนของนาโนเมตรให้สามารถคงสภาพอยู่ในรูปแบบตามที่ต้องการและก็ยังรวมถึงการพยายามศึกษาเพื่อทำความเข้าใจถึงกลไกต่างๆ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการสร้างเซรามิกกลุ่มนี้ควบคู่กันไปด้วย

คำว่า ceramic nanocomposites นั้นเคยมีปรากฏอยู่ในบทความทางวิชาการมาตั้งแต่ช่วงปลายศตวรรษที่ 18 แล้ว แต่ก็เพิ่งถูกนำเสนอขึ้นมาอย่างเป็นเรื่องเป็นราวในปี ค.ศ. 1991 โดยกลุ่มของ Prof. Niihara จากมหาวิทยาลัยโอซาก้า ประเทศญี่ปุ่น [3] ซึ่งได้นำเสนอแบบจำลองหรือแนวคิดในการจัดจำแนกรูปแบบในการจัดเฟสองค์ประกอบหรือรูปแบบโครงสร้างจุลภาคของเซรามิกนาโนคอมโพสิตชนิดที่มีเฟสองค์ประกอบอยู่เพียงสองเฟสที่สามารถเป็นไปได้ไว้ทั้งหมด 4 รูปแบบด้วยกัน คือ (1) intergranular (2) intragranular (3) inter-intra-granular และ (4) nano/

* นักศึกษาปริญญาเอกสาขาวิชาวัสดุศาสตร์ ทุน nanoscience and technology ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

** รองศาสตราจารย์ (ดร.) ประจำภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่



รูปที่ 2 ภาพถ่าย SEM ของเซรามิก (ก) PZT (ข) PZT/0.5 vol% Al_2O_3 (ค) PZT/0.1 vol% MgO (ง) PZT/0.5 vol% ZrO_2 [5]

nanocomposites ดังภาพร่างแสดงในรูปที่ 1 โดยอาศัยวิธีการพิจารณาจากขนาดเกรนของเฟสหลักหรือเฟสที่เป็นเมทริกซ์ (matrix phase) และเฟสรองหรือเฟสกระจายตัว (secondary phase) เป็นเงื่อนไขสำคัญในการจัดแบ่ง ซึ่งรูปแบบโครงสร้างจุลภาคที่แตกต่างกันเหล่านี้คาดว่าจะส่งผลต่อคุณสมบัติหลักๆ ของวัสดุในลักษณะที่แตกต่างกันออกไปด้วย โดยโครงสร้างแบบ *intergranular* น่าจะสามารถช่วยให้เซรามิกมีความต้านทานต่อการคืบที่อุณหภูมิสูง (high temperature creep) ได้ดียิ่งขึ้น เนื่องจากว่ามีเฟสรอง (เฟสสีดำในรูปที่ 1) มาทำหน้าที่คล้ายกับเป็นหมุดยึด (pinning) กระจายตัวอยู่ตามบริเวณขอบเกรน สำหรับโครงสร้างแบบ *intragranular* นั้นคาดว่าจะช่วยหน่วงให้การเคลื่อนตัวของรอยแตก (crack) ผ่านตัวเกรนของเซรามิกเกิดขึ้นช้าลงส่งผลทำให้เซรามิกชนิดนี้มีความแข็งแรงและความเหนียวเพิ่มมากยิ่งขึ้น ส่วนโครงสร้างแบบ

inter-intra-granular คาดว่าน่าจะสามารรวมเอาข้อดีของโครงสร้างทั้งสองแบบที่เพิ่งกล่าวมารวมเข้าด้วยกัน และสุดท้ายโครงสร้างแบบ *nano/nano-composite* นั้น คาดว่าจะช่วยให้เซรามิกชนิดนี้มีความยืดหยุ่นตัวในแบบซูเปอร์พลาสติก (superplasticity) ได้ แต่อย่างไรก็ตาม จากการพิจารณาถึงวิธีการจัดจำแนกประเภทของเซรามิกนาโนคอมโพสิตของ Niihara จะเห็นได้ว่า ลักษณะของโครงสร้างในสามแบบแรกนั้นแท้จริงแล้วเป็นโครงสร้างแบบ *micro-nano* เนื่องจากเป็นโครงสร้างที่ประกอบด้วยอนุภาคของเฟสรอง (ที่มีขนาดอยู่ในระดับนาโนเมตร) กระจายตัวอยู่ในเฟสหลัก (ที่มีขนาดอยู่ในระดับไมโครเมตร) จึงน่าจะเรียกว่าเป็นโครงสร้างแบบ *micro-nanocomposites* หรือ *hybrid micro/nano composites* เสียมากกว่า ส่วนแบบที่ 4 นั้นพอจะเรียกได้อย่างเต็มปากกว่าเป็นโครงสร้างแบบ *nano-nano composites* (เนื่องจากว่าเฟสองค์ประกอบทั้งสองมีขนาดอยู่ในเรือนของนาโนเมตรอย่างแท้จริง)

สำหรับตัวอย่างของงานวิจัยที่ได้นำเอาแนวคิดของ Niihara ไปใช้กับการสร้างเซรามิกนาโนคอมโพสิตนั้นได้แสดงไว้ในรูปที่ 2 ซึ่งเป็นเซรามิกนาโนคอมโพสิตที่ใช้สารเลดเซอร์โคเนตไทเทเนต (lead zirconate titanate) หรือที่นิยมเรียกกันโดยทั่วไปว่า สาร PZT เป็นเฟสหลัก (PZT นั้นถูกจัดให้เป็นต้นแบบของสารเพียโซเซรามิก (piezoceramics) ที่ได้รับความนิยมสูงมาเป็นเวลานานกว่า 60 ปีแล้วโดยได้มีการนำไปประยุกต์ใช้งานในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ เช่น ไมโครโฟน ลำโพง ทรานสดิวเซอร์ (transducer) และตัวขับเคลื่อน (actuator) เป็นต้น [4]) จากผลงานวิจัยนี้จะเห็นได้ว่าสารเซรามิก PZT บริสุทธิ์นั้นมีโครงสร้างเป็นแบบ

ตารางที่ 1 สมบัติเชิงกลของเซรามิกนาโนคอมโพสิต PZT ซึ่งเป็นงานวิจัยของ Tajima และคณะ [5]

เซรามิก	ความหนาแน่นสัมพัทธ์ (%)	ความแข็งแรง ⁺ (MPa)	H_v^* (GPa)	K_{IC}^{**} (MPa.m ^{1/2})
PZT บริสุทธิ์ 97.9	69	2.7	1.5	
PZT + 0.1 vol% Al_2O_3	98.3	103	3.5	1.3
PZT + 0.5 vol% Al_2O_3	98.4	115	3.9	1.4
PZT + 0.1 vol% MgO	97.0	119	4.2	1.3
PZT + 0.5 vol% MgO	97.3	88	4.0	1.5

* H_v คือ ความแข็งวิกเกอร์ (Vicker's hardness)

** K_{IC} คือ ความต้านทานต่อรอยแตก (fracture toughness)

⁺ ความแข็งแรง (strength) เป็นค่าที่วัดโดยใช้เทคนิค piston-on-ring biaxial flexure test

intergranular (รูปที่ 2ก) ส่วนเซรามิกนาโนคอมโพสิตชนิด PZT ที่มีการเติมอนุภาคนาโนของ Al_2O_3 และ MgO ลงไปจะมีโครงสร้างจุลภาคเป็นแบบ intragranular อย่างเห็นได้ชัด (รูปที่ 2ง) นอกจากนี้ก็ยังเป็นวัสดุที่สามารถแสดงสมบัติเชิงกลได้ดียิ่งขึ้นอีกด้วย (ตารางที่ 1) อย่างไรก็ตาม การศึกษาถึงอิทธิพลของโครงสร้างนาโนที่มีต่อสมบัติทางไฟฟ้าของเซรามิกเหล่านี้ก็ยังไม่ค่อยเป็นที่แพร่หลายและก็ยังคงมีประเด็นให้ทำการศึกษาค้นคว้าอยู่อีกเป็นจำนวนมาก ซึ่งถือได้ว่าเป็นความท้าทายที่สำคัญประการหนึ่งของวงการวิจัยทางด้านอิเล็กทรอนิกส์

เอกสารอ้างอิง

- [1] Kuntz, J. D., Zhan, G. D., and Mukherjee, A. K., Nanocrystalline-Matrix Ceramic Composites for Improved Fracture Toughness, *MRS Bull.*, 2004; **29**: 22-27.

- [2] Nalwa, H. S., *Handbook of Nanostructured Materials and Nanotechnology*, vol. 5. Academic Press, New York, 2000.
- [3] Niihara, K., New Design Concept of Structural Ceramics-ceramic Nanocomposites, *J. Ceram. Soc. Jpn.*, 1991; **99**: 974-982.
- [4] Haertling, G. H., Ferroelectric Ceramics: History and Technology, *J. Am. Ceram. Soc.*, 1999; **82**: 797-818.
- [5] Tajima, K., Hwang, H. J., Sando, M., and Niihara, K., PZT Nanocomposites Reinforced by Small Amount of Oxides, *J. Eur. Ceram. Soc.*, 1999; **19**: 1179-1182.

การแข่งขันฟิสิกส์โอลิมปิก สอน. ครั้งที่ 5

The Fifth POSN – Physics Olympiad



มูลนิธิส่งเสริมโอลิมปิกวิชาการและพัฒนามาตรฐานวิทยาศาสตร์ศึกษา ในพระอุปถัมภ์สมเด็จพระเจ้าพี่นางเธอเจ้าฟ้ากัลยาณิวัฒนา กรมหลวงนราธิวาสราชนครินทร์ (มูลนิธิ สอน.) ได้มอบหมายให้ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เป็นเจ้าภาพจัดการแข่งขันฟิสิกส์โอลิมปิก สอน. ครั้งที่ 5

โดยนักเรียนที่เข้าร่วมการแข่งขันเป็นนักเรียนที่ผ่านการอบรมโอลิมปิก สอน. ค่าย 2 จากทุกศูนย์ ซึ่งคัดเลือกจากศูนย์ สอน. ภูมิภาคจำนวน 13 ศูนย์ฯ ละ 6 คนและจากศูนย์กรุงเทพมหานคร จำนวน 18 คน รวมทั้งสิ้น 96 คน

การสอบแข่งขันจะใช้ข้อสอบมาตรฐานเดียวกัน ซึ่งออกโดยคณะกรรมการวิชาการกลาง และมีอาจารย์พร้อมครูสังเกตการณ์ของแต่ละศูนย์ร่วมพิจารณาคัดเลือกข้อสอบ เกณฑ์การให้คะแนน ตลอดจนประเมินผลและตัดสินผลการแข่งขัน ใช้มาตรฐานเดียวกับการแข่งขัน International Physics Olympiad (IPhO) โดยมีการจัดรางวัลให้ 4 ระดับ คือ ดีเยี่ยม ดีมาก ดี และเกียรตินิยมประกาศ

จากนั้นจึงคัดเลือกนักเรียนที่สอบผ่านเกณฑ์จำนวน 40 คน ไปสอบแข่งขันกับนักเรียนอีก 40 คน ซึ่งสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) รับสมัครจากนักเรียนทั่วประเทศ โดยสสวท. จะเลือกนักเรียนจากทั้ง 2 กลุ่มให้เหลือ 25 คน เพื่อเข้าค่ายสาขาฟิสิกส์ของ สสวท. ต่อไป

ณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ระหว่างวันที่ 7 – 11 พฤษภาคม 2549

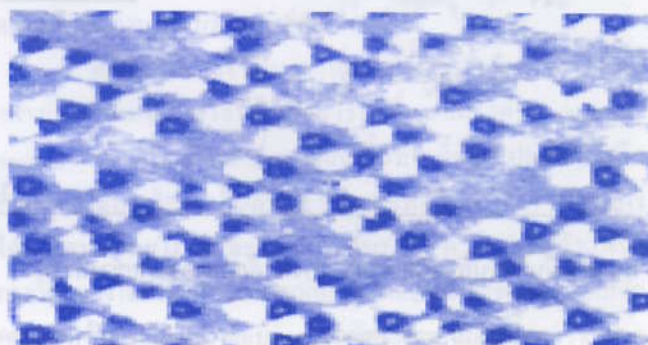
เรียนรู้เรื่องควอนตัมดอท

อนุชา วัชรภาสกร*

คำว่าเทคโนโลยีนาโน (Nanotechnology) เริ่มจะเป็นที่คุ้นเคยและรู้จักในวงการวิชาการมากขึ้นเรื่อยๆ โดยเฉพาะในกลุ่มนักวิจัยสำหรับนิยามของคำคำนี้จะค่อนข้างกว้าง แต่ที่เป็นที่ยอมรับของนักวิจัยส่วนมากคือการสังเคราะห์สารหรือประดิษฐ์วัสดุที่มีขนาดน้อยกว่า 100 นาโนเมตร นอกจากนี้ยังรวมถึง การวิเคราะห์วัสดุเหล่านี้เพื่อที่จะหาคุณลักษณะเพื่อนำไปใช้ประโยชน์จริงในอุตสาหกรรมต่างๆ อย่างที่ทราบกันอยู่บ้างแล้วก็มีอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องสำอางเป็นต้น

ส่วนคำว่า ควอนตัมดอท (Quantum dot) นั้น อาจจะยังเป็นคำที่ไม่คุ้นเคยนักในส่วนของนักวิชาการและผู้บริโภคทั่วไป ทั้งนี้เนื่องมาจากคำคำนี้จะถูกใช้ในขอบเขตที่แคบกว่าคำว่าเทคโนโลยีนาโน โดยคำว่าควอนตัมดอทจะหมายถึงลักษณะของวัสดุที่มีขนาดของความกว้าง-ยาว-สูง ไม่เกินประมาณ 20 นาโนเมตร ซึ่งถ้าวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือที่เรียกว่า Atomic Force Microscope ก็จะเห็นว่ามียลักษณะเป็นจุด (dot) นั่นเอง (รูปที่ 1) ส่วนคำว่าควอนตัม(Quantum) นั้นเป็นคำที่บ่งบอกถึงปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นภายในอะตอมหรือโมเลกุล ตามหลักของกลศาสตร์ควอนตัม (Quantum Mechanics) หรือควอนตัมฟิสิกส์ (Quantum Physics)

การสร้างควอนตัมดอท สามารถทำได้สองแนวทางนั่นคือการลดขนาดของวัสดุขนาดใหญ่สามมิติ ให้มีขนาดเล็กลงเรื่อยๆ ซึ่งวิธีการนี้เป็นแนวทางที่ใช้กันมาตั้งแต่สองสามทศวรรษที่ผ่านมา ซึ่งผลที่เห็นได้ชัดเจนคือขนาดของโมโครโพรเซสเซอร์ที่ใช้ในคอมพิวเตอร์หรือเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ มีขนาดเล็กลงส่งผลให้อุตสาหกรรมสารกึ่งตัวนำมีการเติบโตขึ้นอย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ตามกระบวนการผลิตเริ่มจะมีข้อจำกัดทั้งในเรื่องของความสามารถในการผลิตของขนาดของวัสดุขนาดเล็กและ ความซับซ้อนของพฤติกรรมของวัสดุขนาดเล็กมากๆ ในปัจจุบันนักวิจัยได้พยายามที่จะผลิตควอนตัมดอท โดยการเลียนแบบธรรมชาติและอาศัยอะตอมหรือโมเลกุลทางชีวภาพโดยที่หวังว่าจะสามารถผลิตควอนตัมดอทได้ในปริมาณสูงในเวลาอันรวดเร็วพร้อมทั้งมีการ

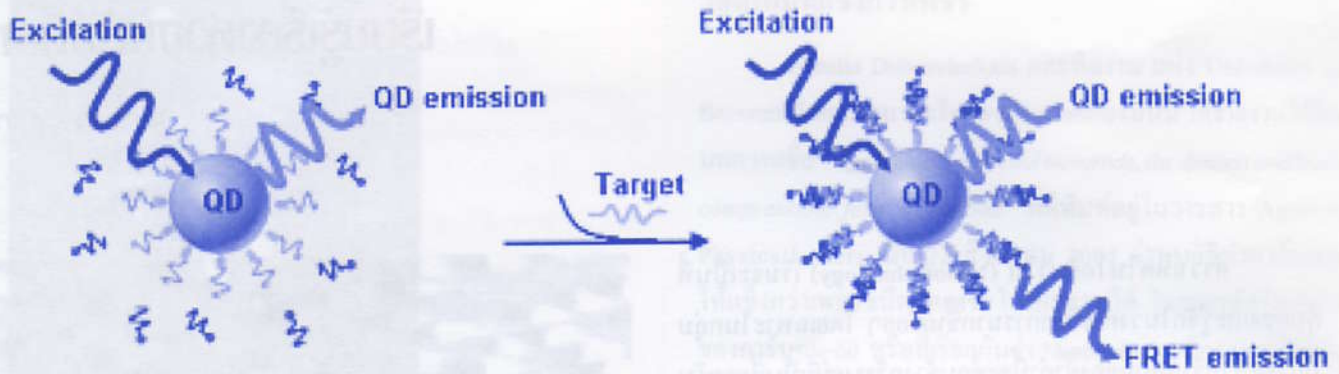


รูปที่ 1

จัดวางตำแหน่งของควอนตัมดอทที่แน่นอนเพื่อที่จะสามารถควบคุมสมบัติของอุปกรณ์นาโนดังกล่าวได้

หลายคนอาจจะยังมีข้อสงสัยว่าควอนตัมดอทจะมีบทบาทสำคัญอย่างไรต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์และการพัฒนาเทคโนโลยีในอนาคตอันใกล้ แน่นอนว่า อุปกรณ์ที่มีควอนตัมดอทเป็นองค์ประกอบนั้นจะต้องอาศัยสมบัติ เฉพาะตัวของควอนตัมดอทที่ไม่สามารถพบได้ในวัสดุที่มีโครงสร้างขนาดเล็กแบบอื่นๆ เช่น ควอนตัมไวร์ (Quantum wire) ควอนตัมเวลล์ (Quantum well) วิสเกอร์ส (Whiskers) และฟิล์มบาง (Thin films) เป็นต้น สมบัติของควอนตัมดอทที่ว่านี้เกิดจากการที่อิเล็กตรอนถูกกักบริเวณทั้งสามมิติ ทำให้อิเล็กตรอนเหล่านั้นไม่สามารถเคลื่อนที่ได้และไม่สามารถบอกได้ว่าอิเล็กตรอนแต่ละตัวจะอยู่ในตำแหน่งใดเป็นที่แน่นอน ดังนั้น อิเล็กตรอนเหล่านี้จึงจำเป็นต้องแสดงพฤติกรรมเป็นคลื่นนิ่งเดอบรอกลี (De Broglie standing waves) หรือเป็นฟังก์ชันความหนาแน่นที่น่าจะเป็น (Probability-density functions) หรือมีลักษณะเป็นกลุ่มหมอก อิเล็กตรอนนั่นเอง สาเหตุหนึ่งที่ทำให้การจัดเรียงตัวของอิเล็กตรอนเป็นรูปแบบนี้ เกิดจากประจุของอิเล็กตรอนนั่นเอง เนื่องจากอิเล็กตรอนต้องการที่จะอยู่ห่างจากอิเล็กตรอนตัวอื่นให้มากที่สุดแต่ถูกจำกัดโดยพื้นที่ว่างภายในควอนตัมดอทนั้น สมบัติพื้นฐานนี้ ส่งผลให้ค่าพลังงานของอิเล็กตรอนภายในควอนตัมดอท แปรเปลี่ยนไปตามขนาดของควอนตัมดอท และพฤติกรรมดังกล่าวจึงเป็นจุดกำเนิดของอุปกรณ์ที่

*อาจารย์ (คร.) ประจำภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่



รูปที่ 2

อาจจะเกิดขึ้นได้ในอนาคต ดังตัวอย่างที่ได้ยกมาอธิบายข้างล่างนี้

ควอนตัมคอมพิวเตอร์ (Quantum computers) ในอนาคต อาจจะอาศัยการเก็บและอ่านข้อมูล จากลักษณะการหมุน (spin) ของอิเล็กตรอนหรือใช้ควอนตัมคิตในรูปของทรานซิสเตอร์ที่มีความไวและมีประสิทธิภาพสูงกว่าที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน

เซนเซอร์นาโน (Nano-sensors) ตัวอย่างของการสร้างเซนเซอร์นาโนโดยใช้ควอนตัมคิตคือการ ตรวจจับเซลล์มะเร็งภายในร่างกายของมนุษย์หรือสัตว์ ทั้งนี้ โดยอาศัยสมบัติของควอนตัมคิตหรือผลึกนาโน (Nano crystals) ที่สามารถเปล่งแสงในช่วงหลายความถี่ได้ขึ้นอยู่กับขนาดของควอนตัมคิตที่ใช้ ดังนั้น นักวิทยาศาสตร์จึงสามารถใช้ควอนตัมคิต ขนาดต่างๆ กันในการวัด การเติบโตของมะเร็งในระยะต่างๆ ได้ (รูปที่ 2)

เซลล์สุริยะ (Solar cells) ข้อจำกัดของการใช้เซลล์สุริยะในปัจจุบันเพื่อที่นำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนน้ำมันและแก๊สธรรมชาติ คือราคาที่สูงและประสิทธิภาพที่ต่ำ ในกรณีนี้ ควอนตัมคิตที่ทำจากสารกึ่งตัวนำสามารถนำมาใช้ผลิตเซลล์สุริยะได้ โดยอาศัยสมบัติที่สามารถดูดซับแสงได้ในช่วงหลายความถี่ถ้าในการออกแบบเซลล์สุริยะนั้นใช้ควอนตัมคิตหลายๆขนาด นอกจากนี้ รูปร่างของเซลล์สุริยะที่ผลิตจาก ควอนตัมคิตสามารถทำได้หลายแบบ เนื่องจาก สามารถใช้ร่วมกับวัสดุพอลิเมอร์เพื่อให้มีความยืดหยุ่นและทำเป็นฟิล์มขนาดใหญ่ ได้อย่างรวดเร็ว เมื่อไม่นานมานี้ นักวิทยาศาสตร์ยังพบว่าประสิทธิภาพในการ แปลงแสงอาทิตย์ของควอนตัมคิตอาจจะสูงถึง 65% ซึ่งถ้าหากสามารถนำมาผลิตเป็นเซลล์สุริยะได้ อาจจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าเซลล์สุริยะในปัจจุบันถึงสามเท่าและจะทำให้การใช้ พลังงานแสงอาทิตย์แทนเชื้อเพลิงที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีความเป็นไปได้มากขึ้น

อย่างไรก็ตาม การนำควอนตัมคิตหรือวัสดุขนาดนาโนมาใช้จำเป็นที่จะต้องมีความระมัดระวังและต้องรู้คุณสมบัติของวัสดุนั้นอย่างละเอียดถี่ถ้วน สมบัติทางแสง ไฟฟ้าแม่เหล็กของควอนตัมคิตที่จะเปลี่ยนไปจากวัสดุนั้นแล้ว สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมีก็จะเปลี่ยนไปเช่นเดียวกัน โดยความเป็นไปได้คือ วัสดุที่มีขนาดเล็กเท่าไร ความสามารถในการทำปฏิกิริยาก็มีมากขึ้นเท่านั้นและยังเป็นการยากที่จะมองเห็นวัสดุดังกล่าวอีกด้วย นอกจากนี้ การที่เราต้องไปเกี่ยวข้องกับเซลล์ชีวภาพอย่างเช่น ดีเอ็นเอ (DNA) ในการสร้างควอนตัมคิตและอุปกรณ์นาโน อาจจะส่งผลกระทบต่อกระบวนการทางธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมได้เช่นกัน วิทยาศาสตร์มีทั้งข้อดีข้อเสีย แต่ถ้าผู้มีส่วนร่วมในการสร้างเทคโนโลยีสำหรับอนาคตมีความรอบคอบ และคำนึงถึงผลดีผลเสียที่จะตามมา ย่อมจะทำให้การพัฒนาเทคโนโลยีเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย

อ่านรายละเอียดและข้อมูลเพิ่มเติมได้จาก

1. "NIST Technology at a Glance, Summer 2003", http://www.nist.gov/public_affairs/taglance/tagsummer03/Summer03.htm
2. "Quantum Dots Nanosensor Detects DNA", http://www.medgadget.com/archives/2005/12/quantum_dots_na.html
3. T. Herold, "Third Generation Solar Cells Powered by Quantum Dots", <http://www.quantumbiocommunication.com/energy/third-generation-solar-cells-powered-by-quantum-dots.html>
4. R.S. Tuma, "Tracking Cancer Cells with Quantum Dots", http://www.bio-itworld.com/archive/091604/light_sidebar_6071.html



ขอเชิญชาวฟิสิกส์ไปพบกันที่

SIAM PHYSICS CONGRESS 2006

**“Frontier Research in Physics and Key Technologies
for Development”**

Accelerators and Synchrotron Radiations
Astronomy and Astrophysics
Chemical, Biological Physics
Condensed Matter and Material Physics
Computational Physics
Educational Physics
Industrial and Applied Physics
Instrumentations and Measurements
Ion and Plasma Physics
Nuclear and Radiation Physics
Nanoscale Physics
Surface, Interface and Thin Films

23 - 25 March 2006
The Tide Resort, Bang Saen
Chonburi

For more information: <http://thip.org>



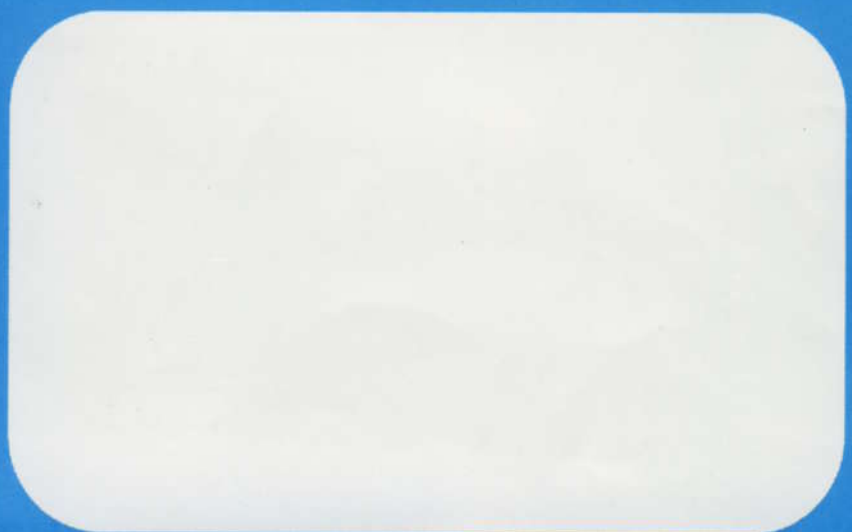
ภาพหมู่ของการประชุมแห่งชาติเรื่อง ฟิสิกส์ศึกษาระดับปริญญาตรี
วันที่ 8-9 ธันวาคม 2548 ณ โรงแรมเชียงใหม่แกรนด์วิว จังหวัดเชียงใหม่
(โปรดดูรายละเอียดหน้า 16)



สมาคมฟิสิกส์ไทย ◆ Thai Institute of Physics

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

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



สิ่งตีพิมพ์

หากไม่ถึงผู้รับ โปรดส่งคืน
สมาคมฟิสิกส์ไทย