



รางวัลโนเบล สาขาฟิสิกส์ ประจำปี 2005

ทองคำนาโน
การวิจัยด้านฟิสิกส์ศึกษาในอเมริกา
มากกว่าความเป็นสมมาตร
Gauss Rifle

Roy J. Glauber

John L. Hall

Theodor W. Hänsch

Thai Journal of Physics

วารสาร

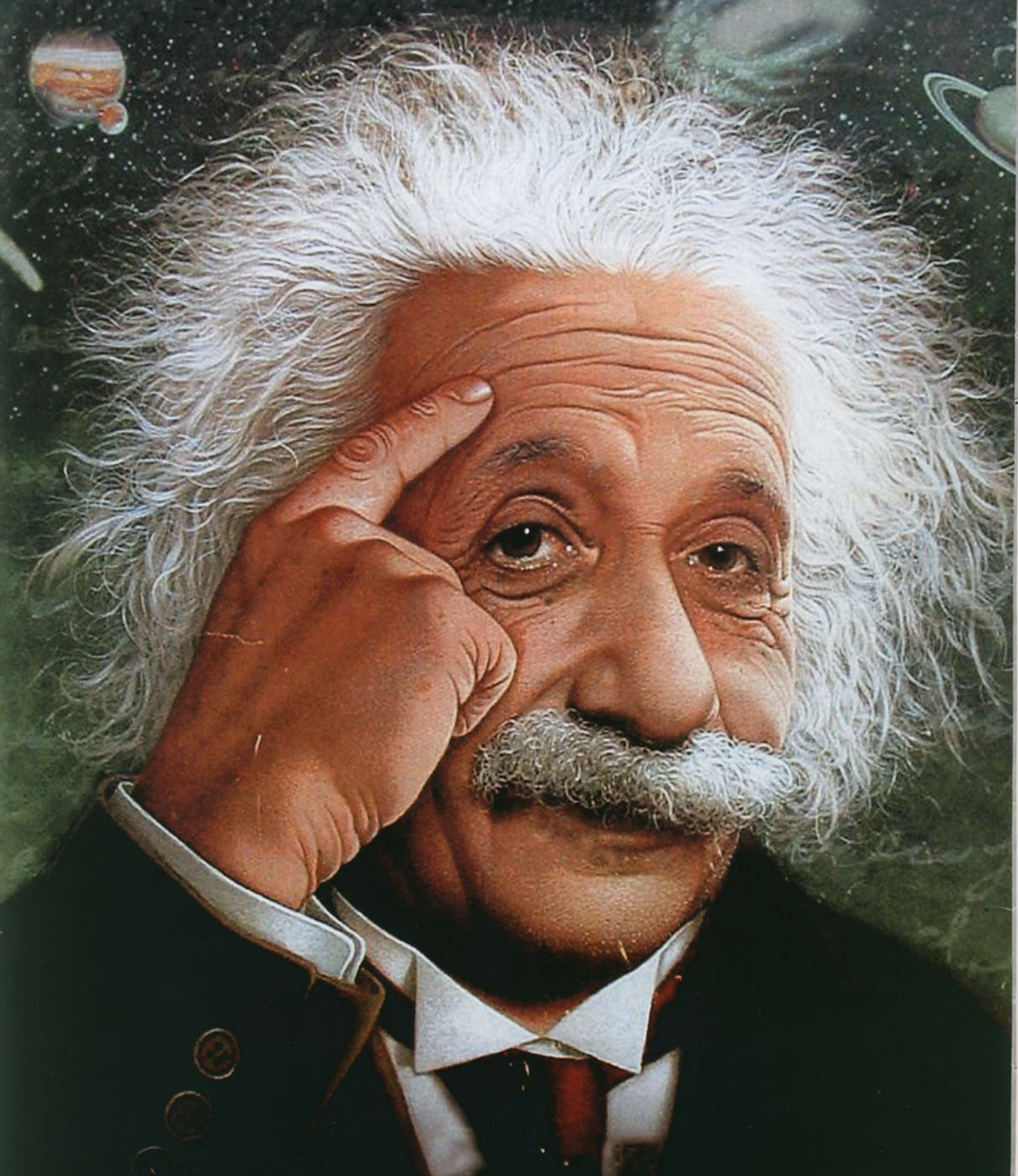
ฟิสิกส์ไทย

วารสารสำหรับผู้ที่รักและสนใจในแวดวงฟิสิกส์

ISSN 0857-1449

ปีที่ 22 ฉบับที่ 4

ธันวาคม 2548 - กุมภาพันธ์ 2549



**“ The truth of a theory is in your mind,
not in your eyes. ”**



A. Einstein.



สารบัญ

สวัสดี

- 2 : โอนส์ไจน์สังลา
- 3 : สวัสดี
- 4 : สรุปข่าว
- 6 : เรื่องเด่นประจำฉบับ : ประวัติดิ 3 นักฟิสิกส์รางวัลโนเบล ประจำปี พ.ศ. 2548
- 8 : เรื่องเด่นประจำฉบับ : ที่มาของรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ ประจำปี ค.ศ. 2005
- 10 : เกร็ดโอนส์ไจน์สังลา
- 11 : ขอนแนะนำ : หน่วยสร้างเสริมศักยภาพการวิจัยด้านนาโนฯ มหาวิทยาลัยมหิดล
- 15 : ขอนแถมด้วยคน : การวิจัยด้านฟิสิกส์ศึกษาในอเมริกา
- 17 : เรียนเล่นฟิสิกส์ : Gauss Rifle
- 19 : นาโนสาระ : โลกมหัศจรรย์ของทองคำนาโน
- 21 : กางตำราฟิสิกส์ : วิจารณ์การนำเสนอกฎนิวตัน (III)
- 24 : ฟิสิกส์ของวัสดุ : มากกว่าความเป็นสมมาตร
- 26 : รวมภาพกิจกรรมสมาคมฟิสิกส์ไทย
- 27 : เรียนเชิญเข้าร่วมประชุมวิชาการจัดโดยสมาคมฟิสิกส์ไทย ร่วมกับมหาวิทยาลัยบูรพา

วันเวลาผ่านไปเร็วเหลือเกิน นี่ถึงฉบับรางวัลโนเบลอีกแล้วหรือ ครับ-ถึงวาระอีกคำรบแล้วครั้งนี้ทางกองบก. มีความพยายามจะวางแผนล่วงหน้า เพื่อที่คนทำบทความนี้จะได้มีเวลาเตรียมตัวนานๆ จึงได้ขอให้ผู้สื่อข่าวพิเศษของเราที่กรุงสตอกโฮล์ม และอยู่ในแวดวงฟิสิกส์ ช่วยสืบเสาะข่าวร่ำมาให้ก่อน แต่คณะกรรมการคัดเลือกเก็บงานกลับได้จริงๆ เราจึงได้รู้ข่าวพร้อมคนอื่นๆ เมื่อวันที่ 4 ตุลาคม ซึ่งเป็นวันแถลงข่าวอย่างเป็นทางการ กองบก. ต้องขอขอบคุณอาจารย์ณรินทร์ ญัฐวุฒิ เป็นอย่างสูง ที่ช่วยรับทำเรื่องนี้ให้ ถึงแม้จะมีเวลาให้ไม่มากนัก

ฉบับนี้ก็เป็นฉบับส่งท้ายปีฟิสิกส์โลกด้วย คิดแล้วก็ใจหาย ยังอาลัยอาวรณ์บรรยากาศแสนพิเศษนี้อยู่ ด้วยพลังของโอนส์ไจน์ที่อยู่เหนือกาลเวลา ได้ช่วยเพิ่มความกระฉับกระเฉงกระชุ่มกระชวยให้วงการฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์เป็นอย่างมาก ในทั้งโลกใบนี้ ในปีที่หวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะมี aftershocks ไปอีกนานๆ ไม่ใช่เกิดขึ้นร้อยปีครั้ง

ท้ายที่สุดนี้ขอเลียนแบบประโยคเด็ดในภาพยนตร์ Star Wars กล่าวคำสวัสดีส่งท้ายปีฟิสิกส์โลกต่อท่านผู้อ่านว่า “ขอพลังของโอนส์ไจน์ (คือพลังของการเป็นมนุษย์ที่แท้ พลังของการมีจินตนาการไร้ขอบเขตและพลังของความกระตือรือร้นที่จะสนใจใคร่รู้ในธรรมชาติอยู่เสมอ) จงอยู่กับชาวฟิสิกส์ไทยตลอดไป”

พบกันใหม่ฉบับหน้า : มีนาคม 2549

กองบรรณาธิการ ชาญกิจ กันล่อง, ยุทธนา ฐิระวิชย์กุล, ชงยุทธ เหล่าศิริถาวร, รัตติกร ยืนนิรัญ, ศิรามาส โกมลจินดา, สมชาย เกียรติภมิลชัย, สุภาพ ขุพันธ์ หัวหน้ากองบรรณาธิการ สมสร สิงขรัตน์ ที่ปรึกษากองบรรณาธิการ กลชาญ อนันตสมบุญ, มานิต รุจิโรคม ฝ่ายภาพและออกแบบปก มิณซ์ เมธิสุวกุล, ราเชนทร์ เจริญกุล เลขานุการกองบรรณาธิการ กฤติยา โอสถาพันธุ์พิมพ์ที่ หน่วยพิมพ์เอกสารคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

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

คณะกรรมการสมาคมฟิสิกส์ไทย ประจำปี 2548-2550 ที่ปรึกษา คร.วิโรจน์ ตันตราภรณ์, รศ.ดร.วิจิตร เสงี่ยมพันธ์, ศ.ดร.วิรุฬห์ สายคณิต, ศ.ดร.สุทัศน์ ยกก้าน, ผศ.ดร.วชิรพันธ์ ปรัชญพฤทธิ์ นายกสมาคมฯ ศ.ดร.ธีรพัฒน์ วัลย์ทอง อุปนายก รศ.ดร.พิเชษฐ ลิ้มสุวรรณ เลขานุการ ดร.คุณฤ สุวรรณขจร รองเลขานุการ ดร.รัชชาติ มงคลนาวัน เจริญญิก ผศ.กานดา สิงขรัตน์ นายทะเบียน ผศ.ดร.ธีรธรรม บุญญารวม ประธานสัณพันธ์ ผศ.ดร.รัชกาลย์ จิตต์อารี บรรณาธิการวารสารฟิสิกส์ไทย รศ.ดร.สมสร สิงขรัตน์ บรรณาธิการจดหมายข่าวฟิสิกส์ ผศ.ดร.ประยูร ส่งศิริฤทธิกุล กรรมการ ประธานสาขาฟิสิกส์ สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยฯ (ผศ.ศิลปชัย บูรณพานิช), ศ.ดร.คัสติ เครืองาม, ผศ.ดร.จรรยาภ อยุธยา, ดร.อิทธิ ฤทธาภรณ์, รศ.ดร.จิตติ หนูแก้ว, รศ.ดร.ชัยวิทย์ ศิลาวาณานาย, รศ.ดร.นิกร มังกรทอง, รศ.ดร.วิระพงษ์ แพสุวรรณ, ผศ.ดร.วิทยา อมรกิจบำรุง, รศ.ดร.พิกุล วนิชชาติ, คุณรจนา ชินพิทักษ์, คุณสุธิ เพชรราชู, คุณเสรี เรืองดิษฐ์, ดร.นรินทร์ กาบบัวทอง, ผศ. สุรสิงห์ ไชยคุณ, คุณวัชร คิสสะมาน

สรุปข่าว

การตั้งรับปัญหาพลังงานในระยะยาว

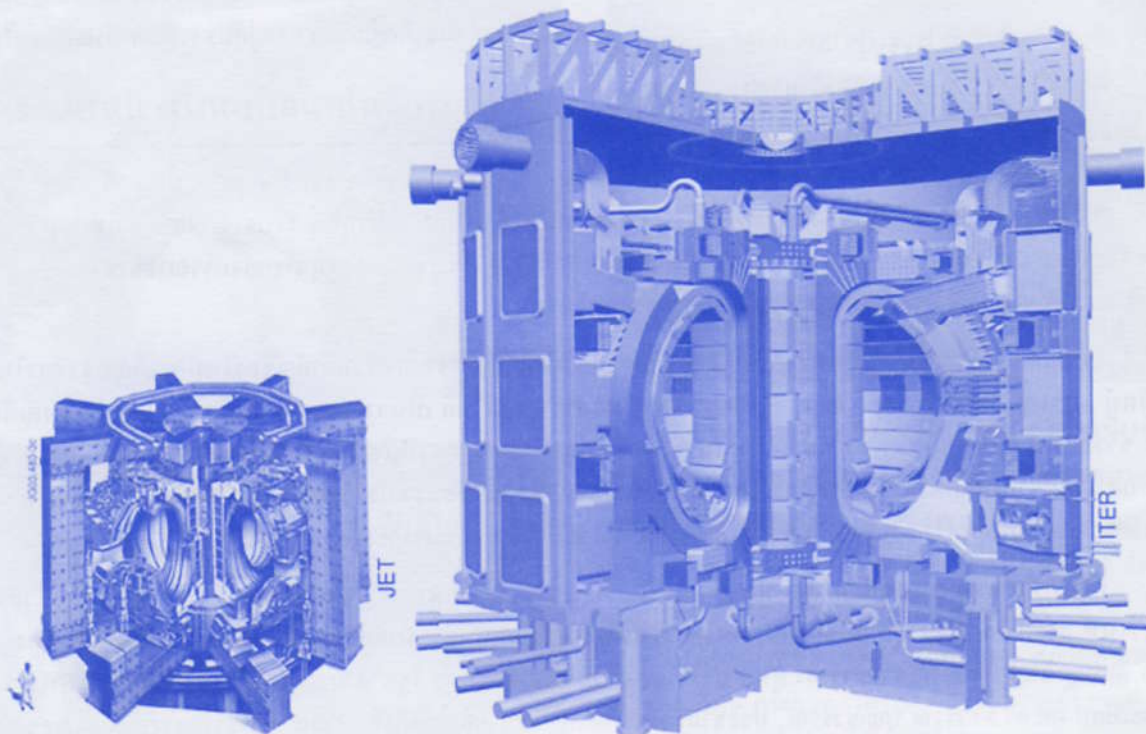
อาจเป็นด้วยอันสงฆ์ของปีฟิสิกส์โลก 2005 ผสมกับปัญหาน้ำมันแพง ในที่สุดก็ตกลงกันได้เสียที่จะสร้างเตาปฏิกรณ์ปรมาณูฟิวชัน ITER ที่โคดี

ความพยายามที่จะนำปฏิกิริยานิวเคลียร์แบบฟิวชัน (fusion) มาผลิตไฟฟ้า ด้วยวิธีการแบบ Tokamak (เป็นภาษารัสเซีย toroidalnya kamera ee magnetnaya katushka ของประเทศคันทิด ย่อมาจากคำ 4 คำแปลเป็นภาษาอังกฤษว่า toroid-chamber-magnet-coil) เริ่มขึ้นอย่างเอาจริงเอาจังเมื่อปี ค.ศ. 1983 โดยหลายประเทศในยุโรปร่วมกันลงทุนทำโครงการชื่อ The Joint European Torus (JET) สร้างเตา Tokamak ที่ใหญ่ที่สุดในเวลานั้นขึ้นใกล้เมือง Abingdon ในประเทศอังกฤษ นักวิทยาศาสตร์แสวงหาและสั่งสมความรู้จากโครงการนี้ตลอดระยะเวลา 16 ปีต่อมา สามารถสร้างสถิติโลกในการผลิตกำลังงานจากเตาปรมาณูฟิวชันแบบ Tokamak นี้ได้ถึง 16 MW (คิดเป็น 65% ของกำลังงานที่ป้อนให้) แต่ในที่สุดก็เดินทางมาถึงขีดจำกัดของการออกแบบ ในปีค.ศ. 1999 โครงการ JET จึงจำเป็นต้องส่งต่อองค์ความรู้และประสบการณ์ให้กับเฟสที่สอง

ของโครงการ ซึ่งมีชื่อว่า ITER (International Tokamak Experimental Reactor) แต่เนื่องจากเป็นโครงการที่แพงมาก จึงจำเป็นต้องแสวงหาความร่วมมือระดับโลก ปัจจุบันโครงการ ITER มีสมาชิกหลักอยู่ 6 กลุ่มคือ EU, สหรัฐอเมริกา, จีน, ญี่ปุ่น, รัสเซียและเกาหลีใต้ และดังนั้นย่อมเกิดคำถามสำคัญขึ้นม่ว่าจะสร้างเตา ITER ที่ใด?

คำถามนี้ทำให้กลุ่มสมาชิกแตกออกเป็น 2 ฝ่าย รัสเซียกับจีน เข้าข้าง EU ที่อยากจะให้สร้างเตา ITER ในฝรั่งเศส แต่สหรัฐอเมริกา กับเกาหลีใต้สนับสนุนการเสนอตัวของญี่ปุ่น ซึ่งถึงขั้นกับเตรียมที่เตรียมทางไว้แล้วที่เมืองร็อกกาโซทางตอนเหนือของญี่ปุ่น เกมสั้นนี้ ชัดชัดผิดคาด ทำให้ไม่สามารถเริ่มโครงการในปี ค.ศ. 2003 ได้ อย่างที่เคยตั้งใจกันไว้ ทั้งๆที่งานออกแบบก็ได้ทำเสร็จกันไปแล้วตั้งแต่ปีค.ศ. 2001

แต่ในที่สุด เมื่อวันที่ 28 มิถุนายน 2005 ก็สามารถตกลงกันได้ว่าจะสร้างเตา ITER ที่เมือง Cadarache ทางตอนใต้ของฝรั่งเศส โดยมีข้อตกลง “ยื่นหมยยื่นแมว” กันดังนี้ สำหรับงบประมาณค่าก่อสร้าง 1 หมื่นล้านยูโร (ประมาณ 4.9 แสนล้านบาท) กลุ่ม EU



แสดงการเปรียบเทียบขนาดของเตา JET กับเตา ITER ปัจจุบันเตา JET ถูกโอนให้ไปอยู่ในความดูแลของ EFDA (The European Fusion Development Agreement) และได้รับการวางแผนวิจัยไว้แล้วจนถึงปีค.ศ. 2012 เตา ITER มีห้องกักเก็บพลาสมารูปร่างคล้ายขนมโดนัท (toroid) ใหญ่กว่าของเตา JET หลายเท่า คือมีขนาดปริมาตรพลาสมา 840 ลบ.เมตร (ของเตา JET มีขนาดเพียง 150 ลบ.เมตร) เหตุผลสำคัญประการหนึ่งที่เตา ITER มีราคาสูงมากก็คือสนามแม่เหล็กที่ใช้ควบคุมพลาสมา สร้างจากแม่เหล็กไฟฟ้าตัวนำยิ่งยวดซึ่งหลายตัวที่ต้องหล่อเย็นด้วยฮีเลียมเหลว (เฉพาะระบบแม่เหล็กอย่างเดียวมีมวลรวมทั้งสิ้น 8,700 ตัน)

จะรับภาระไปครึ่งหนึ่ง ส่วนสมาชิกอีก 5 ประเทศที่เหลือจะแบ่งเบาไปคนละ 10% แต่ประเทศญี่ปุ่นได้รางวัลพลบใจเป็น 20% ของสัญญาว่าจ้างสร้างอุปกรณ์เครื่องมือต่างๆ และ 20% ของตำแหน่งนักวิจัย (ประมาณ 40 คน) นอกจากนั้นทาง EU ยังสัญญาว่าจะสนับสนุนให้คนของญี่ปุ่นได้เป็นผู้อำนวยการใหญ่ของ ITER, สนับสนุนงบประมาณ 339 ล้านยูโรส่งเสริมกิจกรรมวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโครงการนิวเคลียร์ฟิวชันในญี่ปุ่น และจะสนับสนุนญี่ปุ่นในการเสนอตัวเป็นที่ตั้งของเฟสสามของโครงการที่ชื่อว่า DEMO (โครงการ ITER จะยุติลงในปีค.ศ. 2035 โดยประมาณ)

คาดว่าจะเริ่มสร้างเตา ITER ได้ตอนต้นปีหน้า ซึ่งจะต้องใช้เวลาประมาณ 8-9 ปีในการก่อสร้าง จุดมุ่งหมายของ ITER ก็คือผลิตกำลังงานออกมาให้ได้ 500 MW นั่นคือมากกว่าที่ต้องใส่เข้าไป 10 เท่า อุณหภูมิของพลาสมาของแก๊สดิวทีเรียม (^2H) ผสมแก๊สทริเทียม (^3H) จะสูงถึง 150 ล้านเคลวิน อย่างไรก็ตามเตา ITER จะยังไม่ผลิตกระแสไฟฟ้า โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ฟิวชันสำหรับสาธิตการผลิตกระแสไฟฟ้าจะเป็นภาระกิจหลักของเตา DEMO ที่จะมารับช่วงต่อไป

ผู้เชี่ยวชาญได้ทำนายไว้ว่า โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ฟิวชันซึ่งจะไม่ปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจก ไม่สร้างปัญหาเรื่องกากกัมมันตรังสีและเชื้อเพลิงคือดิวทีเรียมสามารถหาได้ง่ายในน้ำทะเล (ส่วนทริเทียม ตัวเครื่องจะผลิตได้เอง) จะเริ่มมีให้ใช้ได้ในปีค.ศ. 2050 และเมื่อถึงตอนปลายของศตวรรษนี้ พลังงานที่ผลิตโดยปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชัน อาจมีส่วนแบ่งระหว่าง 10%-20%

แล้วประเทศเล็กๆที่ไม่มีน้ำมันอย่างไทยได้เตรียมการด้านพลังงานไว้ให้ลูกหลานอย่างไรบ้าง? ที่ผ่านมายังไม่เคยได้ยินผู้ที่เกี่ยวข้องพูดถึงฯ จึงเมกกะโปรเจกต์ด้านพลังงานเลย ทำอย่างกับว่าจะมีน้ำมันให้ซื้อได้ตลอดไปอย่างนั้นแหละ

พลูโตเนียมเพื่อความมั่นคง

ก่อนหน้านี้สหรัฐอเมริกานำเข้าไอโซโทปกัมมันตรังสีพลูโตเนียม-238 (สลายตัวให้รังสีอัลฟาที่มีพลังงาน 5.5 MeV ด้วยค่าครึ่งชีวิต 87.74 ปี) จากประเทศรัสเซียมาเป็นสิบปี แต่ด้วยเหตุผลของความมั่นคงแห่งมาตุภูมิ รัฐบาลอเมริกันได้เปลี่ยนนโยบายที่จะกลับมาผลิตเองอีกครั้ง ทางด้านกระทรวงพลังงาน (DOE) เคยวางแผนไว้ว่าจะใช้ศูนย์วิจัยแห่งชาติ 3 แห่งได้แก่ Idaho National Laboratory ที่ไอดาโฮ, Oak Ridge National Laboratory ที่เทนเนส

ซี และ Los Alamos National Laboratory ที่นิวเม็กซิโก ช่วยกันผลิต แต่เมื่อเกิดเหตุการณ์ 11 กันยายน 2001 ก็ได้ปรับกลยุทธ์เพื่อความปลอดภัยมาให้ไอคาโฮผลิตแต่เพียงที่เดียว ตามแผนนั้นศูนย์วิจัยแห่งนี้จะต้องผลิต Pu-238 ให้ได้ 150 กิโลกรัมภายใน 30 ปี เริ่มตั้งแต่ปี ค.ศ. 2012

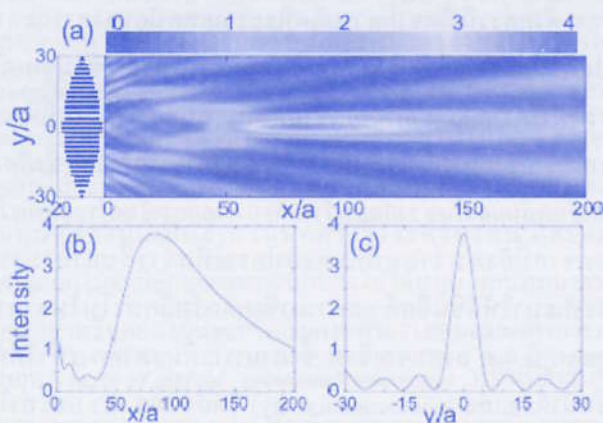
ปัจจุบันสหรัฐอเมริกาที่มีปริมาณ Pu-238 สำรองอยู่ที่ 40 กิโลกรัม แต่คงจะเหลือเพียง 6 กิโลกรัม เมื่อถึงปีค.ศ. 2010 Pu-238 ไม่ได้ถูกนำไปใช้ทำอาวุธนิวเคลียร์ แต่จะใช้เป็นแหล่งพลังงานของยานอวกาศ เช่น ดาวเทียมสายลับ ซึ่งไม่สามารถใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์และรวมถึงอุปกรณ์สายลับได้น้ำ.

พัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยผลึกนาโน

นักวิจัยในสหรัฐอเมริกาประสบความสำเร็จในการสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ที่ประกอบด้วยผลึกนาโนของสารอินทรีย์ 2 ประเภทซึ่งแตกต่างจากอุปกรณ์ลูกผสมที่ประกอบด้วยผลึกนาโนและโพลิเมอร์กึ่งตัวนำ ทั้งนี้เซลล์แสงอาทิตย์แบบใหม่นี้มีประสิทธิภาพในการแปลงพลังงานสูงถึง 3 เปอร์เซ็นต์ นักวิจัยที่สร้างเซลล์นี้คือ Ilan Gur และผู้ร่วมงานแห่งห้องปฏิบัติการแห่งชาติ Lawrence Berkeley และมหาวิทยาลัย California ที่ Berkeley โดยได้ออกแบบให้เซลล์แสงอาทิตย์นี้ประกอบด้วยผลึกนาโนของแคดเมียมเซเลไนด์ (CdSe) และแคดเมียมเทลลูไรด์ (CdTe) โดยทำการปลูกฟิล์มบางขนาด 100 นาโนเมตรของ CdTe ลงบนแก้วอินเดียมทินออกไซด์ (ITO) ที่เคลือบด้วยฟิล์มบางๆ (0.2 นาโนเมตร) ของออกไซด์ก่อนที่จะทำการปลูกฟิล์มบางของ CdSe โดยวิธีการดังกล่าวนี้เกิดจากความคิดที่จะรวมเทคนิคทางสารละลายที่ปกติใช้สร้างเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสารอินทรีย์ (ซึ่งมีจุดเด่นตรงที่ทำได้ง่ายและราคาถูก) เข้ากับสมรรถนะการทำงานที่ดีและความแข็งแรงทนทานของอุปกรณ์กึ่งตัวนำสารอินทรีย์ (ซึ่งมีการดูดกลืนแสงในช่วงแถบกว้างและการเคลื่อนย้ายประจุที่ดีกว่า) นอกจากนี้ยังพบว่าสมบัติของอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นยังสามารถที่จะพัฒนาให้ดีขึ้นอีกด้วยการเผาซินเตอร์ผลึกนาโนในอากาศที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส ซึ่งสามารถเพิ่มสภาพการนำไฟฟ้าที่ชักนำด้วยแสง (photoconductivity) ได้ถึง 100 เท่า และทำให้ประสิทธิภาพในการแปลงพลังงานเข้าใกล้ 3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งใกล้เคียงกับประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสารอินทรีย์ แต่มีข้อดีคือเซลล์แสงอาทิตย์แบบใหม่นี้จะมีเสถียรภาพในอากาศเนื่องจากไม่มีส่วนประกอบใดๆที่ทำจากสารอินทรีย์เลย

เลนส์รวมน้ำ

นักฟิสิกส์ได้ค้นพบแนวทางใหม่ในการรวมคลื่นน้ำซึ่งอาจจะให้ประโยชน์ในการประยุกต์ใช้พลังงานจากคลื่นได้ ทั้งนี้ 2 นักฟิสิกส์ (X. Hu และ C.T. Chan จาก Hong Kong University of Science and Technology) ได้ใช้เทคนิคทางการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์และด้านทฤษฎีหลายวิธี แสดงให้เห็นว่าถ้าเราเสาทรงกระบอกหลายๆ ต้น ปักครึ่งตั้งฉากกับพื้นทะเล (ปลายบนโผล่พ้นผิวน้ำ) ห่างกัน λ เป็นแถวเป็นแนวอย่างมีระเบียบ จะสามารถหักเหคลื่นได้โดยไม่จำกัดความลึกของน้ำ ทั้งนี้เพราะสามารถที่จะเปลี่ยนค่าความลึกและค่าคงที่ความโน้มถ่วงอย่างผล (effective depth and gravitational constant) ได้ ยกตัวอย่างเช่นค่าคงที่ความโน้มถ่วงอย่างผลสามารถที่จะเพิ่มขึ้นจากค่าปกติคือ 9.8 เมตรต่อวินาที เป็น 16 เมตรต่อวินาที นอกจากนี้แล้วยังมีการค้นพบว่าการกระจายของคลื่นยังไม่สามารถเกิดขึ้นได้ในบางช่วงของความถี่ซึ่งทำให้เกิดแถบช่องว่างพลังงานของคลื่นน้ำเปรียบเทียบได้กับแถบช่องว่างพลังงานของอิเล็กตรอนในสารกึ่งตัวนำและเป็นที่น่าสนใจอีกว่า คลื่นน้ำที่หักเหขึ้นประพฤติตามกฎของสเนลล์ (Snell's law) ทำให้สามารถนำหลักการทางทัศนศาสตร์หลายๆ อย่างมาใช้กับคลื่นน้ำได้ด้วย ทั้งนี้ 1 ในผู้วิจัย (C.T. Chan) ได้กล่าวว่าปรากฏการณ์ดังกล่าวจะเป็นช่องทางที่จะควบคุมและจัดการกับคลื่นน้ำให้เกิดประโยชน์ได้ ยกตัวอย่างเช่น อาจจะมีการออกแบบ “เลนส์” ที่รวมพลังงานจากคลื่นน้ำไปยังจุดใดจุดหนึ่ง และเปลี่ยนพลังงานคลื่นไปเป็นรูปแบบอื่นๆ เช่น พลังงานไฟฟ้า เป็นต้น (ดูเพิ่มเติมได้ที่ <http://www.physicsweb.org/articles/news/9/10/4/1>)

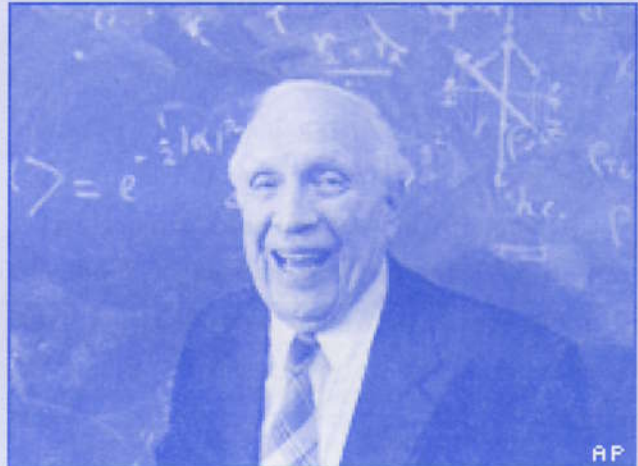


ผลการคำนวณแสดงความสามารถในการโฟกัสคลื่นน้ำที่มีความยาวช่วงคลื่น $5a$ ของกลุ่มเสาจำนวน 657 ต้นที่มีรัศมีต้นละ $0.35a$ ในที่นี้ x คือ แกนตามแนวการเคลื่อนที่ของคลื่น และ y คือ แกนที่ตั้งฉากกับ x แต่ขนานกับผิวน้ำ

ประวัติโดยสังเขปของ นักฟิสิกส์รางวัลโนเบล

ประจำปี พ.ศ. 2548

สมศร สิงขรัตน์



Roy J. Glauber

เกิดเมื่อ 1 กันยายน ค.ศ. 1925 ที่กรุงนิวยอร์ก สหรัฐอเมริกา เรียนจบปริญญาตรี เมื่อปี ค.ศ. 1946 และต่อด้วยปริญญาเอก เมื่อปี ค.ศ. 1949 จากมหาวิทยาลัยฮาร์วาร์ด

เคยร่วมทำงานในโครงการ Manhattan Project (โครงการผลิตระเบิดปรมาณูในสมัยสงครามโลกครั้งที่สอง) ต่อมาในปี ค.ศ. 1976 ได้เป็นศาสตราจารย์ด้านฟิสิกส์ทฤษฎีของสถาบันเก่าที่เรียนจบมา Glauber ตีพิมพ์ผลงานชิ้นเอก อันเป็นที่มาของรางวัลโนเบลด้านฟิสิกส์ปีนี้ เมื่อตอนมีอายุ 38 ปี คือเป็นการนำทฤษฎีควอนตัมมาอธิบายคุณสมบัติ optical coherence ของแสงเลเซอร์เป็นครั้งแรก เราอาจกล่าวได้ว่าก่อนหน้านี้ นักฟิสิกส์สร้างเลเซอร์ขึ้นมาได้ (เมื่อปี ค.ศ. 1960) ทั้งๆ ที่ยังไม่เข้าใจคุณสมบัติของมันอย่างสมบูรณ์ จากผลงานนี้ Glauber จึงได้รับการขนานนามว่าเป็น “Father of Quantum Optics” และถือกันว่าเป็นปี ค.ศ. 1963 เป็นปีเกิดของวิชา Quantum Optics ทฤษฎีนี้เองที่นำร่องให้เกิดการค้นพบของ J. L. Hall กับ T. W. Haensch

ก่อนหน้านี้เคยได้รับรางวัลสำคัญอื่นๆ มาแล้วมากมาย เช่น เหรียญ A. A. Michelson (1985), รางวัล Max Born (1985), รางวัล Dannie Heineman (1996) ฯลฯ ด้วยวัย 80 ปีในปัจจุบัน ท่านยังไม่ยอมเกษียณ และยังคงตั้งใจจะสอนวิชาฟิสิกส์ที่ท่านรักอยู่ต่อไป



John L. Hall

เกิดเมื่อปี ค.ศ. 1934 ที่เมือง Denver มลรัฐ Colorado สหรัฐอเมริกา เรียนจบปริญญาตรีเมื่อปี ค.ศ. 1956 และปริญญาเอกเมื่อปี ค.ศ. 1961 จาก Carnegie Institute of Technology ณ เมือง Pittsburgh

อาจารย์เก่าเล่าว่า Jan (ชื่อที่เพื่อนเรียก) สอแวแฉ่งพิเศษมาตั้งแต่ตอนยังเป็นนักศึกษา คือเป็นคนชอบแก้ปัญหาฟิสิกส์ด้วยวิธีการของตนเอง ก่อนหน้านี้ก็เป็นที่ยอมรับกันอยู่ทั่วไปแล้วว่า Hall เป็นนักทดลองที่ถือได้ว่าเป็นปรมาจารย์ทางด้าน Laser Stabilization คนหนึ่งของโลก ท่านเริ่มต้นอาชีพนักวิทยาศาสตร์ที่ JILA [ก่อตั้งเมื่อปี ค.ศ. 1962 เป็นสถาบันวิจัยที่ร่วมบริหารจัดการโดย University of Colorado (CU) ณ Boulder กับ National Institute of Standards and Technology (NIST)] เมื่อปี ค.ศ. 1964 ต่อมาในปี ค.ศ. 1966 ได้เข้าไปร่วมงานกับภาควิชาฟิสิกส์ของ CU-Boulder ด้วย นับถึงวันนี้ได้เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ให้นักศึกษาปริญญาเอกจบกันไปแล้วถึง 15 คน ในช่วงทศวรรษของปี ค.ศ. 1960 Hall ได้พัฒนา methane stabilized helium-neon laser ซึ่งได้กลายเป็นตัวจักรสำคัญที่ NIST ใช้ในการวัดความเร็วของแสงที่มีความแม่นยำกว่าเดิม มากกว่า 100 เท่า ผลงานนี้ทำให้ต้องมีการให้นิยามความยาว 1 เมตรกันใหม่ในปี ค.ศ. 1983 ว่าคือระยะทางที่แสงต้องใช้เวลาเดินทางเท่ากับ $1/299,792,458$ วินาที (การใช้แท่งโลหะซึ่งถูกเก็บอยู่ที่กรุงปารีสเป็นมาตรฐานความยาว ถูกยกเลิกไปแล้วตั้งแต่เมื่อปี ค.ศ. 1889) อาจกล่าวรวมๆ ได้ว่าผลงานของท่านเป็นความพยายามทำ “super-precise measurement” ซึ่งสอดคล้องกับปรัชญาของ NIST

ก่อนหน้านี้เคยได้รับรางวัลต่างๆ มาแล้วมากกว่า 20 รางวัล ปัจจุบันเกษียณอายุจาก NIST (เมื่อปี ค.ศ. 2004) แต่ยังคงดำรงตำแหน่ง senior research associate อยู่ที่ JILA และยังคงทำงานครึ่งเวลาที่ CU-Boulder



Theodor W. Haensch

เกิดเมื่อ 30 ตุลาคม ค.ศ. 1941 ที่เมือง Heidelberg ในประเทศเยอรมันนี เรียนจบปริญญาเอก เมื่อปี ค.ศ. 1969 จาก University of Heidelberg

ช่วงปี ค.ศ. 1972 – 1986 เคยทำงานอยู่ที่มหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ดในสหรัฐอเมริกา จนถึงตำแหน่งศาสตราจารย์ ปัจจุบันเป็นผู้อำนวยการของ Max-Planck Institute for Quantum Optics ที่เมือง Garching ประเทศเยอรมันนี และยังได้ดำรงตำแหน่งศาสตราจารย์ด้าน Experimental Physics and Laser Spectroscopy ที่ Ludwig-Maximilian-University ณ เมืองมิวนิก อีกด้วย Haensch (เขียนแบบภาษาอังกฤษ) เป็นนักฟิสิกส์ทดลองที่มีส่วนนำความก้าวหน้ามาสู่แขนงวิชา Laser Spectroscopy เป็นอย่างมาก เป็นผู้ร่วมคิดค้นเทคนิค Doppler Laser Cooling และเป็นผู้ประดิษฐ์ Tunable-Highly Monochromatic Dye Lasers ซึ่งได้ถูกนำไปใช้วัดค่าพื้นฐานที่สำคัญของไฮโดรเจนอะตอมที่มีความแม่นยำสูงมาก เช่น ค่า Rydberg constant และค่ารัศมีของประจุไฟฟ้าของอนุภาคโปรตอน เป็นต้น

ก่อนหน้านี้ Haensch เพิ่งได้รับรางวัล Otto Hahn Prize ด้านฟิสิกส์ประจำปี ค.ศ. 2005 ท่านเคยให้สัมภาษณ์เป็นประโยคที่น่ารักคอยท้าทายว่า “Eventually, we may be able to enjoy three-dimensional holographic movies.”

ที่มาของรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ 2005

นรินทร์ ญัฐวุฒิ*



Roy J. Glauber

John L. Hall

Theodor W. Hänsch

รูปที่ 1 3 ขอนักฟิสิกส์รางวัลโนเบล ประจำปี 2005

ผู้ที่ได้รับรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ประจำปี 2548 ประกอบไปด้วยนักวิทยาศาสตร์ 3 ท่าน ที่มีส่วนผลักดันให้เกิดการพัฒนาด้านทฤษฎีแสงแบบควอนตัมและการประยุกต์ใช้ทฤษฎีแสงเพื่อการวัดที่มีความแม่นยำสูง โดยรางวัลมูลค่า 10 ล้านสวีดิชโครเนอร์ (ประมาณ 52 ล้านบาท) ได้แบ่งออกเป็นสามส่วน ได้แก่ ศาสตราจารย์ Roy J. Glauber ได้รับกึ่งหนึ่งของรางวัล (คือ 5 ล้านสวีดิชโครเนอร์) ศาสตราจารย์ John L. Hall และศาสตราจารย์ Theodor W. Hänsch ร่วมกันรับรางวัลอีกกึ่งหนึ่ง (คือท่านละ 2.5 ล้านสวีดิชโครเนอร์) โดยคณะกรรมการผู้พิจารณารางวัลได้เห็นว่าศาสตราจารย์ Glauber เป็นผู้บุกเบิกและริเริ่มพัฒนาทฤษฎีแสงควอนตัม (Quantum Optics) ทำให้เกิดการค้นพบปรากฏการณ์ต่างๆ ในระดับควอนตัม ส่วนศาสตราจารย์ Hall และ Hänsch ได้รับรางวัลเนื่องด้วยผลงานการประยุกต์ใช้ทฤษฎีแสงเพื่อการวัดความถี่แสงแบบความแม่นยำสูง ซึ่งเราจะนำความสำคัญในงานของท่านทั้งสามมาสรุป ดังต่อไปนี้

ทฤษฎีแสงควอนตัม (Quantum Optics): อนุภาคหรือคลื่น

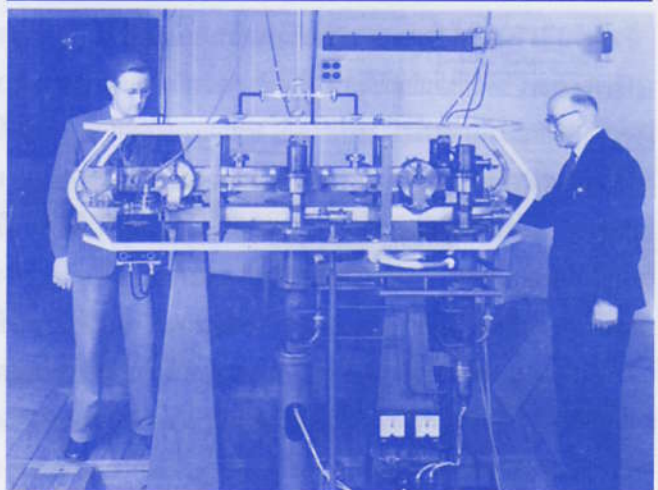
ภายใต้สถานการณ์ต่างๆ แสงสามารถประพฤติตนเสมือนเป็นคลื่น ซึ่งเห็นได้ชัดจากการทดลองการเคลื่อนที่ของแสงผ่านช่องสลิตเดี่ยวและสลิตคู่ซึ่งทำให้ปรากฏผลของการแทรกสอดพร้อมกันนี้แสงยังประพฤติตนเป็นอนุภาค ซึ่งสามารถเห็นได้จากการทดลองที่คุ้นเคยกันดีสองการทดลองคือ Photoelectric effect และ Compton effect ซึ่งพลังงานแสงจะประกอบด้วยกลุ่มก้อนที่เรียกว่า โฟตอน ภายใต้สถานการณ์ที่เราคุ้นเคย เราย่อมสามารถคาดเดาพฤติกรรมของแสง โดยใช้หลักการของคลื่นหรืออนุภาคตามที่ได้ประจักษ์ แต่ถ้าเราพยายามอธิบายในสถานการณ์ที่นอกเหนือที่เราได้รู้มา ผลจะเป็นอย่างไร ยกตัวอย่างเช่น ถ้าเราให้แสงเดินทางผ่านสลิตคู่เราย่อมจะตอบได้ไม่ยากว่าจะปรากฏผลของการแทรกสอดบนฉากรับอย่างแน่แท้โดยไม่ขึ้นกับความเข้มแสงที่ใช้ ดังนั้นหากเราลองปรับการทดลองไปใช้ปริมาณความเข้ม

แสงต่ำๆ โดยให้เท่ากับมีโฟตอนเพียงหนึ่งอนุภาคที่เคลื่อนที่ผ่านสลิต ณ ขณะเวลาหนึ่งๆ คำถามที่ตามมาคือ โฟตอนจะเลือกผ่านสลิตอันไหน หรือกลายเป็นคลื่นเคลื่อนที่ผ่านสลิตทั้งสองไป แล้วเมื่อผ่านไปแล้วจะกลายเป็นโฟตอนหนึ่งอนุภาคเช่นเดิมหรือ? แล้วโฟตอนนี้จะไปแทรกสอดกับอะไรจนเกิดเป็นผลของการแทรกสอดเล่า? สถานะภาพของแสงภายใต้สภาวะความเข้มต่ำเช่นนี้ทำให้ต้องมีการพัฒนาทฤษฎีใหม่ที่ใช้ในการอธิบายผลการทดลอง

ผลงานของศาสตราจารย์ Glauber สามารถย้อนได้ไปในยุค 1960 เมื่อท่านได้พัฒนาทฤษฎีเพื่อใช้อธิบายลักษณะของแสงอาพันธ์และแสงจากแหล่งความร้อนทั่วไปโดยใช้หลักการของกลศาสตร์ควอนตัม ซึ่งสามารถใช้อธิบายและทำนายปรากฏการณ์ต่างๆ ได้นับเป็นจุดเริ่มต้นของแนวทฤษฎีที่ปัจจุบันเรียกกันในนามของ “ทฤษฎีแสงควอนตัม” ผลการศึกษาและพัฒนาทฤษฎีของศาสตราจารย์ Glauber ได้นำมาประยุกต์ใช้ในการวางรากฐานสำหรับเทคโนโลยีทางด้านแสงต่างๆ ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เช่น คอมพิวเตอร์คำนวณด้วยระบบควอนตัมแสง, การเข้ารหัสสัญญาณสื่อสารด้วยระบบควอนตัม, หรือการลดสัญญาณรบกวนในการสื่อสาร เป็นต้น

มาตรวัดและจุดอ้างอิง

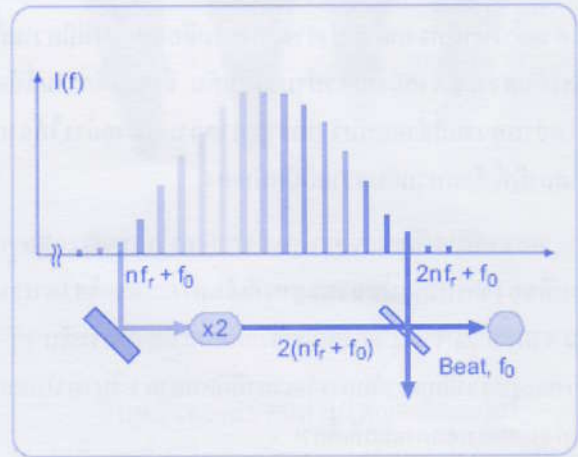
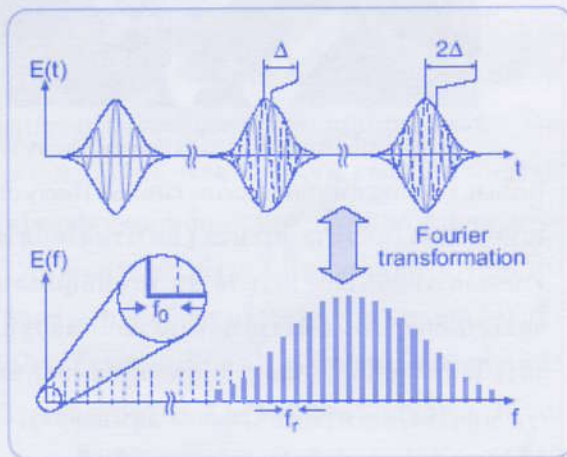
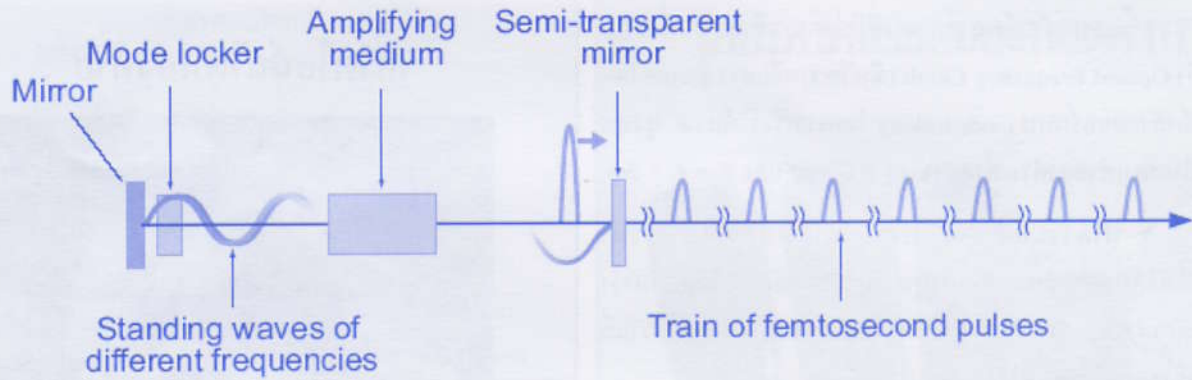
การวัดเป็นกระบวนการสำคัญที่ใช้ในการหาค่าของปริมาณต่างๆ ในระบบ SI ได้ใช้หน่วยของความยาวเป็น เมตร และหน่วยของเวลาเป็น วินาที โดยในปี 1983 ได้นิยามความยาว 1 เมตร



รูปที่ 2 ภาพตัวอย่างนาฬิกาอะตอมในยุคแรก ที่ประเทศอังกฤษ

*อาจารย์ (ดร.) ประจำภาควิชาฟิสิกส์คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยมหิดล E-mail : NarinNuttavut@yahoo.com

เรื่องเด่นประจำฉบับ



รูปที่ 3 แสดงหลักการของซีวีความถี่

ภาพบน แสดงการใช้ mode locker สร้างห้วงแสงเลเซอร์ (laser pulses) ที่มีช่วงเวลาระดับ 10^{-15} วินาที ภาพล่างซ้าย กราฟบนแสดงห้วงแสงเลเซอร์ซึ่งประกอบด้วยคลื่นของสนามไฟฟ้าไม่ต่อเนื่อง ซึ่งมีการกระจายของความถี่ (modes) หรือสเปกตรัมเป็นซีวีความถี่ที่มีระยะห่าง f_r อย่างคงที่และแม่นยำ โดยมีค่าต่ำสุดคือ f_0 ภาพล่างขวา แสดงการใช้เทคนิค self-phase modulation ทำสเปกตรัมของซีวีให้มีความถี่ n สูงสุดเป็น 2 เท่าของค่า n ต่ำสุด นั่นคือ $f_{2n} = f_0 + 2nf_r$ กับ $f_n = f_0 + nf_r$ ตามลำดับ และสามารถสร้างบีตของ f_{2n} กับ $2f_n$ โดยสามารถคำนวณ f_0 ต่ำสุดของสเปกตรัมตั้งต้นได้ด้วยสูตร $f_0 = f_{2n} - 2f_n$ ซีวีความถี่เปรียบเสมือน “ไม้บรรทัด” ที่ใช้วัดความถี่ของแสงสเปกตรัมอื่นๆ ได้อย่างแม่นยำ

ให้เท่ากับระยะทางที่แสงเดินทางได้ในเวลาเศษหนึ่งส่วน 299, 792,458 วินาที โดย 1 วินาที มีค่าเป็น 9,192,631,770 เท่าของคาบเวลาของคลื่นแสงจากอะตอมของซีเซียม-133 ซึ่งเรียกว่า Atomic clock (นาฬิกาอะตอม)

และในการวัดค่าความถี่แสงที่เกิดจากการดูดกลืนของสารต่างๆ จะนำมาวัดเทียบจำนวนเท่า กับความถี่ของอะตอมซีเซียมที่เป็นเสมือนมาตรวัดหรือจุดอ้างอิงอีกทีหนึ่ง แต่การวัดความถี่ที่มีความแม่นยำสูงของการดูดกลืนแสงเทียบกับความถี่ซีเซียมนั้นเป็นเรื่องที่ไม่ง่ายเลยเนื่องจากความถี่ที่กล่าวถึงมีค่าที่แตกต่างกัน ทำให้เกิดข้อจำกัดของความคลาดเคลื่อน ไม่สามารถบอกค่าแม่นยำของความถี่การดูดกลืนแสงต่างๆ ได้ดีพอสำหรับการศึกษาในระดับฟิสิกส์ควอนตัม

วิธีใหม่ในการวัดความถี่แสงแบบความละเอียดสูงและเลเซอร์สเปกโตรสโคปี

ในปี 1976 ศาสตราจารย์ Hall และศาสตราจารย์ Hänsch ได้ริเริ่มเทคนิคการวัดความถี่แบบใหม่ และสามารถแสดงให้เห็นผลการทดลองได้ในช่วงปี 1990 โดยหลักการวัดความถี่ประกอบไปด้วยขั้นตอนดังนี้ (รูปที่ 3 ประกอบ)

1. สร้างเลเซอร์ที่ให้แสงอาพันธ์หลายๆความถี่ โดยแต่ละความถี่จะมีค่าแตกต่างกันเป็นค่าคงที่ เฉกเช่นเดียวกับสถานีวิทยุที่มีความถี่อย่างน้อยต่างกัน 0.5 MHz เป็นต้น โดยอาจจะยังไม่ทราบความถี่ที่แท้จริงก็ได้ ดังนั้นความถี่ของแต่ละสถานี (n) จะเขียนได้เป็น $f_n = f_0 + nf_r$ โดย f_0 คือความถี่ตั้งต้น f_r คือระยะห่างความถี่ และ n คือเลขจำนวนเต็มใดๆ

2. แสงอาพันธ์หลายแหล่งที่มีค่าความถี่ต่างกันนี้จะถูกเรียกว่า **Optical Frequency Comb** (ซึ่งมีความถี่แสง) ซึ่งผลิตโดยใช้แสงเลเซอร์แบบ mode-locking โดยจะสร้างให้ค่า n สูงสุด มีค่าเป็นสองเท่าของค่า n ต่ำสุด เช่น $f_n = f_0 + nf_r$ และ $f_{2n} = f_0 + 2nf_r$

3. นำความถี่ต่ำสุดมาทำการทวิคูณสองเท่า แล้วนำความถี่ที่ได้มาผสมกับความถี่สูงสุด แบบพิกซิมิต จะได้ออกมาว่า $2(f_0 + nf_r) - (f_0 + 2nf_r) = f_0$ ซึ่งจะให้ทราบค่าความถี่ f_0 และค่าความถี่ที่แท้จริงของแต่ละสถานีได้

4. หลังจากที่เราทราบค่าแท้จริงของแต่ละสถานีแล้ว ในการวัดความถี่ตัวอย่างที่ไม่ทราบค่า นั้น เราจะทำการเลือกสถานีที่มีความถี่ใกล้เคียงกับความถี่ตัวอย่างแล้วนำมาผสมกัน ซึ่งจะได้ความถี่บิต ซึ่งอยู่ในย่านความถี่ต่ำออกมา และจะหาความถี่ตัวอย่างได้จากความถี่สถานีที่เลือกบวกกับความถี่บิตนั่นเอง

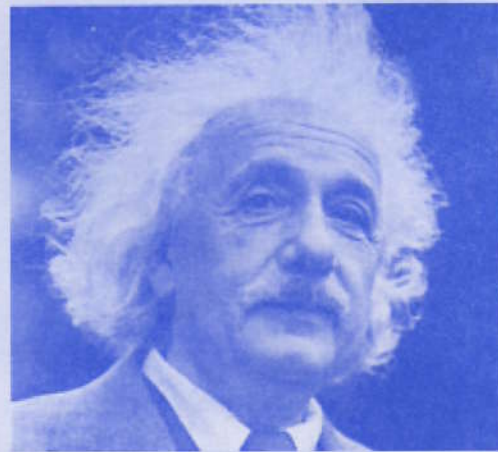
ผลจากการพัฒนาของท่านทั้งสองทำให้สามารถทราบค่าความถี่ของการเปลี่ยนสถานะของอิเล็กตรอนของไฮโดรเจนอะตอม จากชั้น $2s$ ไปยัง $1s$ โดยมีความผิดพลาดอยู่ในระดับ 10^{-18} ซึ่งมีความแม่นยำเทียบเท่ากับการวัดเวลาที่ผิดพลาด 1 วินาที นับจากการถือกำเนิดของเอกภพเลยทีเดียว!

ผลของการวัดความถี่แสงนี้ถูกนำไปใช้ในอุปกรณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการวัดเวลาความแม่นยำสูง เช่น การเปรียบเทียบค่าเวลาและมาตรวัดต่างๆ, การเดินทางสำรวจระยะไกล, การควบคุมตำแหน่งและระยะของดาวเทียม นอกจากนี้การวัดความถี่แสงแบบความแม่นยำสูงนี้ยังมีส่วนสำคัญในการศึกษาปริมานฟิสิกส์พื้นฐาน เช่น การใช้เลเซอร์สำหรับการกระตุ้นเร้าสถานะของอิเล็กตรอน ทำให้สามารถทราบค่าความถี่ในการดูดกลืนแสงได้อย่างแม่นยำซึ่งเรียกว่า **เลเซอร์สเปกโตรสโคปี (Laser spectroscopy)** ด้วยเครื่องมือเหล่านี้ทำให้เราทราบปรากฏการณ์ต่างๆ ที่ไม่สามารถตรวจวัดได้มาก่อน โดยผลการศึกษาดังกล่าวสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับนวัตกรรมใหม่ๆ ที่จะเปลี่ยนแปลงทิศทางในโลอนาคค ซึ่งสิ่งเหล่านี้ล้วนแล้วแต่เป็นเทคโนโลยีที่จะเกิดขึ้นในอนาคตสำหรับมนุษยชาติต่อไป

อ้างอิง

- <http://nobelprize.org/physics/laureates/2005/index.html>
- <http://nobelprize.org/physics/laureates/2005/phyadv05.pdf>
- http://www.npl.co.uk/publications/atomic/quantum_standards.html

ไอน์สไตน์ส่งท้าย



ไอน์สไตน์ตีพิมพ์ผลงานเรื่อง **Special Theory of Relativity** ในปีค.ศ. 1905 และตีพิมพ์ผลงานเรื่อง **General Theory of Relativity** ในปีค.ศ. 1916 ในห้วงเวลาประมาณ 1 ทศวรรษนี้ไอน์สไตน์ผลิตผลงานวิชาการออกมาไม่ต่ำกว่า 76 ชิ้น ครอบคลุมหลายเรื่องราวของวิชาฟิสิกส์อย่างน่าอัศจรรย์ แต่บางส่วนเป็นหลักฐานให้สังเกตได้ว่า ไอน์สไตน์กำลัง “คลำ” ไปสู่ทฤษฎีสัมพัทธภาพที่สมบูรณ์ เช่น บทความวิชาการที่ตีพิมพ์ในเดือน มิถุนายน 1911 ไอน์สไตน์ได้คำนวณไว้ว่า ดวงอาทิตย์จะเบนแนวแสงไปเป็นมุม 0.83ฟิลิปดา โชคดีที่ไม่มีสุริยุปราคาเต็มดวงเกิดขึ้นในปีนั้น กว่าที่จะถึงปีค.ศ. 1919 ไอน์สไตน์ก็ได้แก้ไขทฤษฎีและผลการคำนวณเสียใหม่แล้ว คือเป็น 1.74 ฟิลิปดา ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Sir A.S. Eddington

แล้วพบกันใหม่ในปีค.ศ. 2105



หน่วยสร้างเสริมศักยภาพการวิจัยทางด้านนาโนศาสตร์และนาโนเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหิดล

บทนำ

สำหรับในฉบับนี้จะขอแนะนำกิจกรรมงานวิจัยทางด้านนาโนเทคโนโลยี ของ ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยมหิดล ซึ่งเป็นหนึ่งใน 6 สาขาหลักของงานวิจัยที่ทางภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยมหิดล มีการดำเนินการอยู่ในปัจจุบัน ที่ประกอบไปด้วย

- ฟิสิกส์ศึกษา (Physics Education)
- ทัศนศาสตร์ประยุกต์ (Applied Optics)
- ธรณีฟิสิกส์ (Geophysics)
- ชีวฟิสิกส์ (Biophysics)
- ฟิสิกส์ดาราศาสตร์และอวกาศ (Astrophysics and Space Physics)
- นาโนศาสตร์และนาโนเทคโนโลยี (Nanoscience and Nanotechnology)

หน่วยวิจัยนาโนศาสตร์และนาโนเทคโนโลยี เป็นหน่วยวิจัยที่สังกัดคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ลักษณะโครงสร้างที่มุ่งเน้นการวิจัยเป็นหลักที่เป็นความร่วมมือของคณาจารย์ นักวิจัย และนักศึกษาจากหลากหลายภาควิชา การดำเนินการของหน่วยนั้นเป็นระดับขั้นของหน่วยเพาะบ่ม เพื่อเพิ่มพูนศักยภาพ ก่อนที่จะเข้ารับการประเมินผลการดำเนินการในลักษณะที่เน้นการแข่งขัน เพื่อพัฒนาเป็นศูนย์แห่งความเป็นเลิศ โดยที่ทางคณะวิทยาศาสตร์ให้การสนับสนุน โครงสร้างพื้นฐานของกลุ่ม โดยงานวิจัยนั้นจะได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานผู้ให้ทุน โดยที่กลุ่มวิจัยนั้นถูกออกแบบให้เป็นฐานของการสร้างสรรค์แบบบูรณาการร่วมมือระหว่างภาควิชาและสาขาต่าง ๆ ดังนั้นสามารถจะเห็นได้ว่าขอบเขตของการวิจัยจะมีการขยายตัวออกไปครอบคลุมในหลากหลายสาขา สำหรับหัวข้อในการวิจัยนั้นเป็นอิสระของนักวิจัยในหน่วย โดยงานวิจัยที่ทางหน่วยวิจัยดำเนินการอยู่ในปัจจุบันประกอบไปด้วยสาขาหลัก ดังต่อไปนี้

1) ชีวนาโน (Nano Biology)

[นักวิจัย ผศ.ดร. วรรณพจน์ เจริญโพธิ์]

ผลจากการพัฒนาทางด้านนาโนศาสตร์และนาโนเทคโนโลยี ส่งผลให้เกิดการปฏิวัติที่สำคัญต่อวงการวิจัย ตลอดจนการพัฒนา

อีกหลายด้าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่เกี่ยวข้องกับทางด้านชีวภาพ การแพทย์ และสิ่งแวดล้อม ตัวอย่างที่ชัดเจนได้แก่ การใช้สมบัติของอนุภาคนาโนที่เป็นตัวเร่งเชิงแสง (photocatalytic agents) ที่มีประสิทธิภาพในการเหนี่ยวนำให้เกิดอนุมูลอิสระจนสามารถฆ่าเชื้อโรคได้ซึ่งปัจจุบันได้นำไปใช้เป็นตัวฆ่าเชื้อในน้ำดื่ม และอุปกรณ์การแพทย์ต่างๆ รวมถึงคุณสมบัติอื่นๆที่กำลังมีการศึกษากันอย่างจริงจังและกว้างขวางในทุกภูมิภาคทั่วโลก อย่างไรก็ตามเราก็คงไม่อาจมองข้ามผลกระทบในแง่ลบของนาโนเทคโนโลยีเหล่านี้ได้ เนื่องจากบทเรียนที่เกิดจากการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ๆ ที่เราเคยประสบมาในอดีต ไม่ว่าจะเป็น ระเบิดนิวเคลียร์ คอมพิวเตอร์โคลนนิ่ง จีเอ็มโอ ฯลฯ เหล่านี้ล้วนก่อให้เกิดปัญหา โดยเฉพาะทางด้านสิ่งแวดล้อม ตลอดจนข้อถกเถียงถึงจริยธรรมทางสังคม ด้วยเหตุนี้เราจึงต้องมีความรู้ความเข้าใจและตระหนักถึงผลกระทบของเทคโนโลยีเหล่านี้ต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม ในปัจจุบันผลของอนุภาคนาโนต่อสิ่งแวดล้อมกำลังเป็นกรณีศึกษาที่ได้รับความสนใจมากขึ้นเนื่องจากเราไม่รู้ว่าในขณะนี้มีการปนเปื้อนของอนุภาคนาโนไปในสิ่งแวดล้อมมากน้อยเพียงใด และที่สำคัญเรายังไม่เข้าใจมากพอว่าอนุภาคนาโนเหล่านี้จะมีผลต่อระบบสิ่งมีชีวิตโดยเฉพาะมนุษย์มากแค่ไหน อย่างไร เป็นผลให้ในปัจจุบันยังไม่มีมาตรการการหรือระบบป้องกันภัยจากสิ่งเหล่านี้ซึ่งเป็นรูปธรรมที่จำเพาะสำหรับระบบความปลอดภัยสำหรับนาโน (nano safety)

จากความสำคัญและเหตุผลดังที่กล่าวมาข้างต้น ทางกลุ่มวิจัยจึงได้ทำการศึกษาปัญหาถึงผลกระทบของวัสดุหรืออนุภาคนาโนต่อระบบทางชีวภาพและสิ่งแวดล้อม โดยวิธีศึกษาที่อยู่บนพื้นฐานและปรัชญาของการบูรณาการของศาสตร์และศิลป์ด้านต่างๆ อย่างหลากหลาย ทั้งด้านทรัพยากรคน องค์ความรู้ และเทคนิควิจัย จึงทำให้งานวิจัยที่กลุ่มวิจัยกำลังทำนั้น มีการประยุกต์ใช้ของศาสตร์ต่างๆมากมาย เช่น ฟิสิกส์ ชีววิทยา คณิตศาสตร์ เคมี และคอมพิวเตอร์ เป็นต้น รวมถึงวิธีวิจัยทั้งที่เกี่ยวกับการทดลองในห้องปฏิบัติการ การทดลองโดยใช้การจำลองแบบเชิงคอมพิวเตอร์ และการสร้างทฤษฎีโดยผ่านทางสมการทางคณิตศาสตร์เป็นหลัก หัวข้อวิจัยที่สำคัญที่ปัจจุบันยังไม่สามารถหาคำตอบที่ชัดเจนได้

ขอแนะนำ

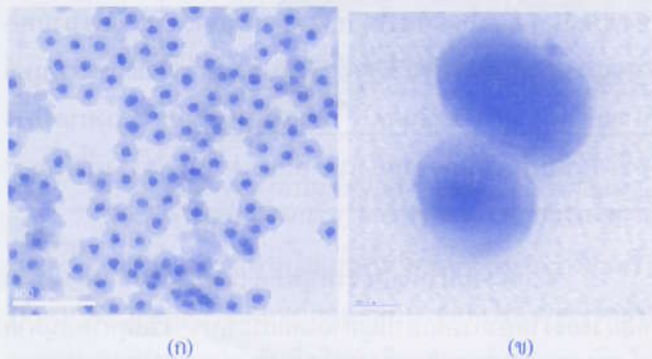
ตัวอย่างเช่น การศึกษาสมบัติพื้นฐานของปฏิสัมพันธ์ (interaction) ระหว่างเซลล์สิ่งมีชีวิตและอนุภาคนาโน การศึกษาผลกระทบของอนุภาคนาโนต่อระบบสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมในปริมาณสภาวะและโครงสร้างต่างๆ การพัฒนาเทคนิควิธีวิจัยรวมทั้ง software เพื่อวิเคราะห์สมบัติของระบบชีวภาพที่ซับซ้อน (complex biological system) เช่น fractal analysis, pattern formation และ non-equilibrium real-time studies เป็นต้น

2) Single Nanoparticle and Single Molecule Spectroscopy

[นักวิจัย ดร. Jose Hodak]

ศึกษาระบบและทำความเข้าใจระบบในระดับนาโนเมตรด้วยเทคนิค Time and Frequency Resolved Optical Spectroscopy ในห้วงของเวลาในระดับ nano-second (10^{-9} วินาที) ของอนุภาคนาโนในระดับนาโนชนิดมีเปลือกหุ้ม (core-shell nanoparticle) เพื่อให้สามารถควบคุมสมบัติทางแสงและควบคุมปฏิกิริยาทางเคมีที่พื้นผิว

สำหรับงานวิจัยในส่วนของ Single Molecule Fluorescence นั้นพัฒนาเพื่อการศึกษาสมบัติทางแสงของอนุภาคนาโนที่เรืองแสง (fluorescence labeled nanoparticle) รวมถึงชีวโมเลกุล ซึ่งเทคนิคนี้จะช่วยเพิ่มพื้นฐานความเข้าใจในส่วนของ nucleic acid และ enzyme dynamics



รูปที่ 1 ภาพแสดงอนุภาคนาโนที่เตรียมขึ้นที่หน่วยวิจัย

- (ก) AuSiO_2 โดยที่ silicon dioxide จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการเกาะติดของ biomolecules บนผิวของอนุภาคนาโน นอกจากนี้ยังช่วยให้อนุภาคนาโนสามารถแขวนลอยในน้ำได้ดีและ
- (ข) AuAg เปลือกของอนุภาคนาโนที่เตรียมจากโลหะเงินจะทำหน้าที่ควบคุมสมบัติทางแสงของอนุภาคนาโนให้อยู่ระหว่างโลหะเงินและทอง

3) วัสดุนาโนชนิดแท่ง (Nanorod)

[นักวิจัย ศาสตราจารย์ ดร. I-Ming Tang]

วัสดุนาโน (nanotube) และ วัสดุนาโนเส้น (nanowire) มีสมบัติที่เหมาะสมในการประยุกต์ในกระบวนการ electrochemical, catalysis, high density perpendicular magnetic memories, new photonic band gaps, high sensitive GMR sensors เป็นต้น มีหลากหลายวิธีการที่สามารถใช้เตรียมวัสดุนาโนให้มีรูปร่างเป็นท่อและแท่ง แต่ทว่าเทคนิค Anodizing Aluminium Oxide (AAO) เป็นวิธีที่สามารถเตรียมวัสดุให้มีรูปร่างที่เป็นระเบียบมากโดยผ่านกระบวนการ electrodeposition โดยจะประยุกต์ใช้กระบวนการ sol-gel reaction ในการเตรียมวัสดุนาโนชนิดต่างๆ ลงใน AAO template เพื่อนำมาศึกษาสมบัติพื้นฐานและทำการพัฒนาเป็นอุปกรณ์ต่อไป

4) เซลล์แสงแดดและเซ็นเซอร์ชนิดฟิล์มบาง

[นักวิจัย ดร. สมศักดิ์ แดงดี]

วิกฤตการณ์น้ำมันที่มีราคาพุ่งสูงขึ้น และการแพร่ระบาดของเชื้อโรคที่มีผลอย่างเฉียบพลันและรุนแรงกับสังคมวงกว้างเช่นนี้ ได้กระตุ้นให้เกิดความพยายามที่จะพัฒนาเซ็นเซอร์ชีวภาพที่มีราคาต่อหน่วยต่ำ ความไวปานกลางและใช้งานได้โดยไม่ต้องอาศัยความรู้และชำนาญทางเทคนิคมากนัก ทำให้สามารถคัดกรอง และจำแนกสาเหตุขั้นต้นได้ ลดการตรวจสอบจำเพาะด้วยเครื่องมือเฉพาะที่มีราคาแพงและมีอยู่ในวงจำกัด ขยายการตรวจสอบออกสู่ภาคสนามที่เป็นแหล่งปัญหาโดยตรง นอกจากนี้ยังรวมไปถึงการเสาะหาวัสดุทดแทนใหม่ที่สามารถพัฒนาได้ภายในประเทศและเพิ่มการพึ่งพาตัวเองมากขึ้นเช่นได้แก่การพัฒนาเซลล์เชื้อเพลิงแบบใหม่ (Fuel Cell) การพัฒนาเซลล์แสงแดดแบบใช้สารอินทรีย์ (Organic Solar Cell) การพัฒนาเซ็นเซอร์แบบ surface plasmon resonance (SPR) ที่อาศัยกระบวนการทางแสงที่ให้ความไวที่ดีเยี่ยมต่อการตรวจจับสารต้องสงสัยปริมาณน้อย ๆ การพัฒนากระจกหรือกระเบื้องที่สามารถทำความสะอาดตัวเองได้ หรือ การพัฒนาเซ็นเซอร์สารชีวภาพแบบไฟฟ้าเคมีบนพลาสติกราคาถูกลง

วัสดุทดแทนใหม่เป็นวัสดุที่มีความจำเป็นต่อการประยุกต์ใช้ เช่นการพัฒนาเซลล์แสงแดดแบบสารอินทรีย์ ต้องการใช้งานอิเล็กทรอนิกส์ที่มีสภาพการนำไฟฟ้าที่ดี ยอมให้แสงผ่านได้ดีและไม่ทำลายโมเลกุลของสารอินทรีย์ที่มาเคลือบทับ ข้อกำหนดดังกล่าว ต้องทำให้ใช้ชั้นฟิล์มอิเล็กทรอนิกส์ที่มีความหนาไม่เกิน

ขอแนะนำ

ไมโครเมตร หรือการพัฒนาเซ็นเซอร์แบบ SPR ต้องการชั้นฟิล์มบางของทอง ที่มีความหนาเพียง 50 นาโนเมตร และยึดติดแน่นกับกระจก มีลักษณะวัสดุหรือฟิล์มที่ลดขนาดลงมาก ๆ เช่นนี้ ทำให้พฤติกรรมของวัสดุจะแตกต่าง ไปจากวัสดุตั้งต้นที่มีขนาดใหญ่ (bulk materials) แขนงความรู้เฉพาะด้านฟิล์มบางรวมไปถึงเทคโนโลยีการเคลือบฟิล์มที่มารองรับจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งไม่ได้

หน่วยสร้างเสริมศักยภาพการวิจัยทางนาโนศาสตร์และนาโนเทคโนโลยีได้เล็งเห็นความสำคัญและความจำเป็นนี้ จึงได้พัฒนาการเคลือบฟิล์มบาง ด้วยกระบวนการหลากหลายเช่น การระเหิดเป็นไอ (evaporation) การสปัตเตอร์ริง (sputtering) การหมุนเคลือบด้วยความเร็วสูง (spin coating) ที่สามารถรองรับการเคลือบฟิล์มบางที่มีความจำเพาะเหล่านี้ บนวัสดุฐานรองที่หลากหลาย เช่นกระจก พลาสติก และ PET

ในบรรดาวัสดุ ที่ทางหน่วยวิจัย ให้ความสนใจในปัจจุบัน เช่น การเคลือบฟิล์มบางของอิเล็กโตรดโปร่งแสง เช่น $\text{In}_2\text{O}_3:\text{Sn}$ (ITO), SnO_2 และ ZnO บนกระจกและพลาสติก หรือฟิล์มบางของทองบนกระจก การเคลือบฟิล์มบางของ TiO_2 บนกระจก การเคลือบสารอินทรีย์คุณสมบัติพิเศษ เช่น Alq_3 , MEH:PPV, ZnPc และ CuPc

นอกจากนี้ทางหน่วยวิจัย ยังให้ความสนใจในการพัฒนาฟิล์มบางเพื่อประยุกต์ใช้เป็นเซ็นเซอร์สำหรับสารชีวภาพ โดยจะเน้นหนักให้เกิดกระบวนการให้ครบทุกขั้นตอนโดยเริ่มต้นจากวัสดุฐานรองเปล่า พัฒนาจนกระทั่งเป็นอุปกรณ์ต้นแบบที่ใช้งานได้ โดยใช้งบประมาณที่ไม่มากนัก

5) อุปกรณ์โมเลกุลสุคนธสัมผัส (Aroma Molecular Sensing Device) [นักวิจัย ผศ.ดร. ชีรเกียรติ์ เกิดเจริญ]

ประเทศไทยมีความโดดเด่นในเรื่องของความหลากหลายทางชีวภาพ มีผลิตภัณฑ์อาหาร เครื่องดื่ม สมุนไพร และผลิตภัณฑ์สปา ที่มีความจำเพาะทางด้านภูมิศาสตร์ สามารถสร้าง แบรนดของสินค้าผูกติดกับท้องถิ่นได้ เกิดเป็นสินค้า OTOP การควบคุมหรือเพิ่มคุณภาพสินค้า OTOP ควรใช้เทคโนโลยีของไทย เพื่อไม่ให้เพิ่มต้นทุนแก่สินค้า งานวิจัยตามโครงการนี้เป็นการพัฒนาอุปกรณ์ตรวจสอบไอโมเลกุลหอมระเหย มีชื่อว่า อุปกรณ์โมเลกุลสุคนธสัมผัส โดยอุปกรณ์นี้อาศัยหลักการทำงานคล้าย “จมูก” มีความไวต่อโมเลกุลจำนวนน้อยๆ มีความสามารถในการรู้จำ มีความสามารถในการเรียนรู้กลิ่น เป็นต้น หลักการง่ายๆ ในการ

ควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่มีรสชาติ มีกลิ่น หรือ มีไอหอมระเหยก็คือ การรักษาสัดส่วนของไอระเหยของสารออกฤทธิ์แต่ละตัวให้มีสัดส่วนคงที่ งานเหล่านี้แต่เดิมอาศัยนักชิมและนักดมกลิ่นที่มีการฝึกมาอย่างดีแต่ต่อไปนี้ชุดตรวจสอบไอโมเลกุลหอมระเหยจะเข้ามาทำหน้าที่ดังกล่าวแทน งานวิจัยนี้ยังเป็นการพัฒนาเทคโนโลยีระบบสัมผัสเทียม ซึ่งเป็นเทคโนโลยีก่อกำเนิดสามารถนำไปเทียบเข้ากับเทคโนโลยีอื่นๆ เช่น เทคโนโลยีหุ่นยนต์เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ได้

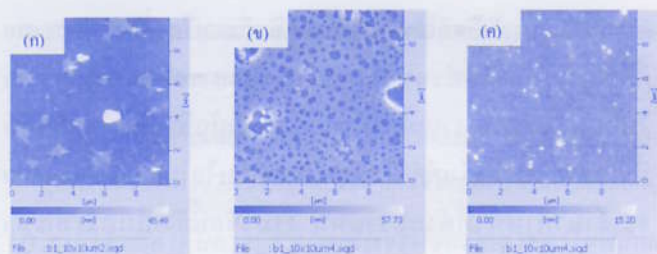
นอกจากนี้โครงการนี้มีเป้าหมายเพื่อผลิตหัววัดเซ็นเซอร์ที่ใช้ตรวจวัดแก๊สและโมเลกุลขึ้นมาได้เองในประเทศ หัววัดแบบใหม่นี้จะใช้โมเลกุลอินทรีย์เป็นวัสดุเซ็นเซอร์ซึ่งทีมสังเคราะห์จะออกแบบให้เหมาะสมต่อการใช้งานในด้านต่างๆ จากนั้นจะทำการสังเคราะห์ให้เพียงพอ เพื่อทีมพัฒนาหัววัดจะได้นำไปประกอบหัววัดเซ็นเซอร์ต่อไป ทั้งนี้หัววัดจะทำจากฟิล์มบางที่มีขนาดนาโนเมตร ซึ่งจะมีคุณสมบัติเปลี่ยนแปลงไปเมื่อมีโมเลกุลที่ต้องการตรวจวัดมากระทบ ซึ่งจะต้องมีการค้นหาและพัฒนาเทคโนโลยีในการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสมกับการใช้งาน เช่น เทคโนโลยีการตรวจวัดด้วยไฟฟ้า หรือ มวล เป็นต้น ในการพัฒนาปรับปรุงหัววัดจะมีการทดสอบการทำงานของหัววัดด้วยเทคนิคต่างๆทางด้านวิทยาศาสตร์พื้นผิว ได้แก่ โฟโตมิสชันพรอกซ์มัลโพรบ เอ็กซเรย์ อิเล็กโทรเคมี และ เมสสเปคโตรสโคปี เพื่อทำความเข้าใจพื้นฐานการทำงานของวัสดุอินทรีย์ เมื่อสิ้นสุดโครงการนี้คาดว่าจะได้ต้นแบบของหัววัดเซ็นเซอร์โมเลกุลแบบใหม่น้อย 1 ชนิด ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการเกษตร การแพทย์ และการตรวจสอบสิ่งแวดล้อม

6) วิศวกรรมโมเลกุล (Molecular Engineering)

[นักวิจัย ผศ.ดร. เต็มศักดิ์ ศรีศิริพันธ์]

ศึกษาการใช้ประโยชน์ของโมเลกุลโดยการควบคุมที่สมบัติของโมเลกุล และศึกษาผลของโครงสร้างและการจัดเตรียมตัวที่มีต่อสมบัติทางกายภาพในระดับจุลภาค ที่จะมีประโยชน์โดยตรงต่อการพัฒนา micro-device รวมถึงสมบัติในระดับมหัพภาพ การศึกษาวิศวกรรมโมเลกุลนี้ครอบคลุมไปในหลากหลายสาขางานวิจัย เช่น การปรับปรุงพื้นผิวของวัสดุเสริมแรงใน nanocomposites การศึกษาการเตรียมพื้นผิวของ sensors โดยการตรึงโมเลกุลไปที่พื้นผิว เพื่อให้มีหน้าที่ตามต้องการ

รูปที่ 2 แสดงตัวอย่างของการใช้โมเลกุลโปรตีนจากวัว (Bovine Serum Albumin, BSA) ในการเตรียมพื้นผิวเพื่อป้องกันการเกาะติดของโปรตีนชนิดอื่นๆบนเซนเซอร์ โดยที่ชั้นโมเลกุลเดี่ยวของ BSA (BSA monolayer) สามารถช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพ



รูปที่ 2 Atomic Force Microscope Image ของ BSA บนผิวของโพลีไครลีน ที่มีปริมาณ BSA กลุ่มอยู่ในปริมาณที่ไม่เท่ากัน โดยลักษณะของการเกาะติดของ BSA นั้นขึ้นกับความเข้มข้นของ BSA ที่ใช้ (ก) 0.01, (ข) 0.10 และ (ค) 1.00 mg/mL สำหรับความหนาของชั้นฟิล์มของ BSA นั้นคือ 15 นาโนเมตร ซึ่งมีขนาดใกล้เคียงกับขนาดความยาวของ BSA โมเลกุลที่ 14 นาโนเมตร

ของการแปลงสัญญาณเนื่องมาจากการจับคู่กันของสาร เช่น antigen-antibody binding โดยที่ทำการป้องกันสัญญาณรบกวนที่เกิดจากการเกาะของโปรตีนชนิดอื่นๆที่จะมารบกวนสัญญาณในการตรวจสอบ นอกจากนี้ความเข้าใจในส่วนพื้นฐานของกระบวนการดูดซับและเกาะติดของโมเลกุลที่พื้นผิวยังสามารถประยุกต์ใช้ในการเตรียมพื้นผิวของอวัยวะเทียมเพื่อไม่ให้มีการต่อต้านในร่างกาย การเตรียม surface patterning ที่สามารถพัฒนาเป็น sensor arrays เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการตรวจวัดสัญญาณ ความเข้าใจพื้นฐานเหล่านี้คือสิ่งสำคัญยิ่งในการพัฒนาวัสดุและอุปกรณ์เหล่านี้

สำหรับงานวิจัยทางด้านวิศวกรรมโมเลกุลที่ดำเนินการอยู่ในปัจจุบันยังครอบคลุมไปถึง การเตรียมนาโนคอมพอสิตของดินเหนียวและพอลิเมอร์เพื่อใช้ในงานพลาสติกวิศวกรรมเพื่อปรับปรุงสมบัติเชิงกล สมบัติการแพร่ผ่าน และสมบัติการไหม้ไฟ นอกจากนี้ยังทำการวิจัยและพัฒนาการเตรียมคอมพอสิตของเซรามิกขนาดบางมากบนพื้นผิวของพอลิเมอร์ การศึกษา biological activity ใน monolayer ที่รอยต่อของน้ำและอากาศ

7) อิเล็กทรอนิกส์โมเลกุล (Molecular Electronics)

[นักวิจัย ผศ.ดร. ธนากร โอสนาจันทร์]

ดำเนินการศึกษาวิจัยกระบวนการขนส่งพาหะอิสระของการนำไฟฟ้าในสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำและอุปกรณ์นาโนอิเล็กทรอนิกส์ ทั้งเชิงการคำนวณและการทดลอง ศึกษาสถานะและการไหลของอิเล็กตรอนและโฮล ในสารประกอบกึ่งตัวนำและอุปกรณ์บ่อควอนตัมด้วยการคำนวณแบบพันธะยึดแน่น และ

ศึกษาเพื่อเปรียบเทียบกับความยาวคลื่นและกระแสที่วัดได้จากโครงสร้างสารตัวอย่างที่อุณหภูมิต่าง ๆ ศึกษาการเกิดกระแสไฟฟ้าในเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งแบบผลึกเดี่ยวและฟิล์มบางรอยต่อต่างชนิดสาร ศึกษาการนำไฟฟ้าและเปล่งแสงจากโมเลกุลสารอินทรีย์ที่ประยุกต์ใช้ในอุปกรณ์แสดงผลอินทรีย์ โดยใช้สารพอลิเมอร์นำไฟฟ้าและสารโลหะอินทรีย์ ศึกษาการนำไฟฟ้าและสมบัติของโมเลกุลที่เปลี่ยนไป เมื่อมีชั้นไอโมเลกุลสารที่ต้องการวัด เพื่อใช้ในการตรวจวัดสารในอุปกรณ์ทางนาโนอิเล็กทรอนิกส์

โอกาสทางการศึกษา และทุนการศึกษา

นักศึกษาสามารถติดต่อสมัครโดยตรงที่บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล (<http://grad.mahidol.ac.th>) โดยผ่านโปรแกรมฟิสิกส์ และในอนาคตอันใกล้ นักศึกษาสามารถที่จะเลือกสมัครในสาขาวิศวกรรมศาสตร์ซึ่งจะช่วยสนับสนุนการบูรณาการของงานวิจัยและโครงการศึกษา ทางหน่วยขอสนับสนุนให้นักศึกษาหรือผู้สนใจทำการติดต่อโดยตรงกับอาจารย์ (<http://nanotech.sc.mahidol.ac.th/>) เพื่อศึกษาหัวข้อวิจัยก่อน เพราะลักษณะของโปรแกรมการศึกษานั้นจะเป็นการเน้นงานวิจัยเป็นหลัก ดังนั้นการเลือกหัวข้อวิจัยและอาจารย์ที่ปรึกษา จึงนับเป็นองค์ประกอบที่มีความสำคัญสำหรับทางด้านทุนการสนับสนุนการศึกษาในระดับปริญญาโทและปริญญาเอกของนักศึกษานั้นทางหน่วยวิจัยสามารถกล่าวได้ว่า ทุกคนได้รับทุนการสนับสนุนทางด้านทุนศึกษาหากมีความต้องการ โดยที่ทุนสนับสนุนนั้นมีรูปแบบทั้งในรูปของทุนผู้ช่วยสอน (Teaching Assistant) ผู้ช่วยวิจัย (Research Assistant) หรือ ทุนปริญญาเอกกาญจนาภิเษก (คปอ.) โดยขึ้นกับความสามารถและความเหมาะสมของนักศึกษา ในปัจจุบันทางหน่วยวิจัยมีนักศึกษาและอาจารย์ รวมถึงผู้เชี่ยวชาญจากห้องปฏิบัติการวิจัยในหลายประเทศทั่วโลกมาทำการศึกษาและทำงานวิจัยร่วมกันอย่างสม่ำเสมอ รวมถึงมีการแลกเปลี่ยนนักศึกษาเพื่อทำการวิจัยในห้องปฏิบัติการเครือข่ายในต่างประเทศ



กิจกรรมประกาศ

ทางหน่วยวิจัยขอขอบคุณหน่วยงานที่ให้การสนับสนุนทุนการวิจัย อันได้แก่ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย NECTEC MTEC มูลนิธิโทรศัพทวิทย์แห่งชาติ และ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.)

การวิจัยด้านฟิสิกส์ศึกษาในอเมริกา

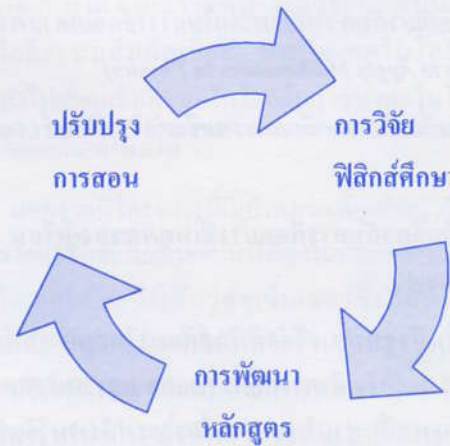
พรรัตน์ วัฒนกุลวิทย์*

วิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่ยากทั้งในแง่การเรียนและการสอน ครูฟิสิกส์ทุกท่านคงรู้ซึ่งในข้อนี้ดี ถึงแม้เราจะพยายามที่จะปรับปรุง การสอนฟิสิกส์ให้น่าสนใจหรือให้แบบฝึกหัดเพิ่มเติมมากเท่าไร แต่เด็กนักเรียนนักศึกษาก็ยังไม่ค่อยเข้าใจหลักการทางฟิสิกส์เท่าใดนัก ในอเมริกานั้นเขาได้เล็งเห็นปัญหานี้ และได้พยายามปรับปรุง ออกแบบการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับความเข้าใจฟิสิกส์ของผู้เรียนทั้งในระดับมัธยมจนถึงนักศึกษาระดับมหาวิทยาลัยมาเกือบสามสิบปี จนกระทั่งในปัจจุบันนี้การวิจัยทางด้านฟิสิกส์ศึกษา (Physics Education Research) ถือเป็นงานวิจัยสาขาหนึ่งในภาควิชาฟิสิกส์ นักศึกษาปริญญาเอกสามารถทำงานวิจัยด้านฟิสิกส์ศึกษาและได้ปริญญาเอกด้านฟิสิกส์ ผู้เขียนมีประสบการณ์ในงานวิจัยทางด้านนี้ มาพอสมควร จึงขอเล่าถึงความเป็นมาของการวิจัยฟิสิกส์ศึกษา ในอเมริกา ทิศทางการวิจัยฟิสิกส์ศึกษาในปัจจุบัน และผลงานวิจัย ฟิสิกส์ศึกษาต่อการพัฒนาการสอนฟิสิกส์ โดยหวังเป็นอย่างยิ่ง ว่าจะเป็นประโยชน์แก่ครูและอาจารย์ที่สนใจการเรียนการสอน ฟิสิกส์

ความเป็นมาของการวิจัยฟิสิกส์ศึกษาในอเมริกา

งานวิจัยฟิสิกส์ศึกษาในอเมริกานั้นเพิ่งเริ่มเป็นรูปเป็นร่าง เมื่อประมาณเกือบยี่สิบปีมาแล้ว โดยมีผู้บุกเบิกที่สำคัญคนหนึ่งคือ Lilian C. McDermont ศาสตราจารย์ทางด้านฟิสิกส์นิวเคลียร์จาก มหาวิทยาลัยวอชิงตัน (University of Washington) Lilian เริ่มมา สนใจงานวิจัยทางด้านฟิสิกส์ศึกษาเพราะเธอสังเกตเห็นว่านักศึกษา ในชั้นเรียนของเธอไม่ได้เรียนรู้ฟิสิกส์อย่างที่เธอตั้งใจสอน ถึงแม้ นักศึกษาจะเรียนได้เกรดเอและสามารถแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ได้ แต่กลับไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ได้ ข้อสังเกตนี้ ทำให้เธอเริ่มสนใจความเข้าใจหลักการทางฟิสิกส์ของนักศึกษา

หลักคิดสำคัญของ Lilian ที่มีผลต่อการทำงานวิจัยฟิสิกส์ ศึกษาของเธอก็คือ การมองวิทยาศาสตร์เป็นได้ทั้งองค์ความรู้ (scientific as knowledge) และแนวทางการเรียนรู้ (scientific as a way of knowing) ดังนั้นหลักสูตร โดยรวมต้องครอบคลุมทั้งเนื้อหา และการถ่ายทอดเนื้อหา หลักการคิดนี้ทำให้ Lilian ทำงานวิจัยด้าน ฟิสิกส์ศึกษาโดยมุ่งหวังให้เกิดการพัฒนาหลักสูตรอย่างเป็นระบบ เพื่อให้เหมาะสมกับการเรียนรู้ของผู้เรียน ดังเช่นแผนภาพที่ 1 แสดงให้เห็นกระบวนการพัฒนาหลักสูตรโดยใช้องค์ความรู้จาก



แผนภาพที่ 1: ระบบการพัฒนาหลักสูตรโดยใช้องค์ความรู้จากงาน วิจัยด้านฟิสิกส์ศึกษา

งานวิจัยฟิสิกส์ศึกษาเป็นฐาน ซึ่งมีผลให้เกิดการปรับปรุงการเรียน การสอนให้เหมาะสมกับผู้เรียนมากขึ้น ทำให้เกิดผลต่อเนื่องใน ด้านงานวิจัยเพื่อเก็บข้อมูลเกี่ยวกับการเรียนรู้ของผู้เรียนในสภาวะ การสอนแบบใหม่ ระบบการพัฒนาหลักสูตรนี้จึงมีความสอดคล้อง และต่อเนื่องในตัว[1]

แนวคิดและผลงานวิจัยฟิสิกส์ศึกษาจากกลุ่มของ มหาวิทยาลัยวอชิงตันมีบทบาทสำคัญต่อการปรับปรุงการสอน ฟิสิกส์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นและยังเป็นรากฐานต่องานวิจัย ฟิสิกส์ศึกษาในปัจจุบัน

ทิศทางการวิจัยฟิสิกส์ศึกษาในปัจจุบัน

นับตั้งแต่ต้นทศวรรษที่ 80 งานวิจัยทางด้านฟิสิกส์ศึกษา ได้เริ่มขยายวงกว้างมากขึ้น จนในปี ค.ศ. 1999 Lilian และ Edward F. Redish ศาสตราจารย์ทางด้านฟิสิกส์ของอนุภาคมูลฐานจาก มหาวิทยาลัยแมริแลนด์คอลเลจพาร์ก (University of Maryland College Park) ได้รวบรวมและสรุปงานวิจัยฟิสิกส์ศึกษาออกเป็น หมวดหมุดังนี้ [2]

- 1) การวิจัยเกี่ยวกับความเข้าใจเชิงความคิดรวบยอด (Conceptual Understanding)

* อาจารย์ (ดร.) ประจำภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

- 2) การวิจัยเกี่ยวกับสมรรถภาพในการแก้โจทย์ปัญหา (*Problem-solving Performance*)
- 3) การวิจัยเกี่ยวกับผลการสอนปฏิบัติการและการทดลองหน้าห้อง (*Effectiveness of Lab Instruction and Lecture Demonstration*)
- 4) การวิจัยเกี่ยวกับความสามารถในการใช้คณิตศาสตร์ในฟิสิกส์ (*Ability to Apply Mathematics in Physics*)
- 5) การวิจัยเกี่ยวกับเจตคติและความเชื่อต่อวิชาฟิสิกส์ (*Attitudes and Beliefs*)
- 6) การวิจัยเกี่ยวกับการคิดอย่างมีเหตุผลของผู้เรียน (*Student Reasoning*)

ในปัจจุบันการวิจัยฟิสิกส์ศึกษาในอเมริกาเน้นงานวิจัยเกี่ยวกับความเข้าใจเชิงความคิดรวบยอด และสมรรถภาพในการแก้โจทย์ปัญหาเป็นส่วนใหญ่ ส่วนในระยะหลังงานวิจัยด้านการคิดอย่างมีเหตุผลของผู้เรียนเริ่มมีมากขึ้น ส่วนหนึ่งเป็นเพราะความต้องการพัฒนาทฤษฎีเกี่ยวกับการเรียนรู้ของมนุษย์เพื่อช่วยชี้แนะการทำวิจัยให้มีแนวทางที่ชัดเจนมากขึ้น

ผลงานวิจัยฟิสิกส์ศึกษาต่อการพัฒนาการสอนฟิสิกส์

ตลอดระยะเวลาสี่สิบกว่าปี ผลงานวิจัยด้านฟิสิกส์ศึกษาช่วยพัฒนาการเรียนการสอนฟิสิกส์ในอเมริกาให้เหมาะสมกับธรรมชาติการเรียนรู้ของผู้เรียนมากขึ้น ผลจากการวิจัยแสดงว่าก่อนการเรียนฟิสิกส์ผู้เรียนมีความเข้าใจปรากฏการณ์ฟิสิกส์ในชีวิตประจำวันพอสมควร แต่ความเข้าใจส่วนใหญ่ขัดกับหลักการฟิสิกส์ซึ่งในฟิสิกส์ศึกษาเรียกว่าความเข้าใจที่ไม่ถูกต้อง (*Misconceptions*) จากงานวิจัยหลายชิ้นสรุปได้ว่าการเรียนการสอนฟิสิกส์แบบเดิมที่มีเพียงการเลกเชอร์นั้นไม่ได้ช่วยให้ผู้เรียนเปลี่ยนความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องนี้ได้ กลุ่มวิจัยทางด้านฟิสิกส์ศึกษาหลายกลุ่มจึงนำผลการวิจัยมาคิดค้นวิธีการสอนฟิสิกส์แบบใหม่เพื่อให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ อย่างเช่น Peer Instruction, Workshop Physics, Just in Time Teaching, และ Tutorials in Introductory Physics เป็นต้น (โดยรายละเอียดเกี่ยวกับเทคนิคการสอนแต่ละอย่างนั้น ผู้เขียนจะกล่าวถึงในโอกาสต่อไป) จากผลงานวิจัย ผู้เรียนที่เรียนโดยวิธีการสอนแบบใหม่นี้มีความเข้าใจฟิสิกส์ที่ถูกต้องมากกว่าการสอนแบบเดิม[3] นอกจากนี้ผลการวิจัยยังใช้ออกแบบเครื่องมือในการวัดและประเมินผลที่สามารถวัดความเข้าใจเชิงความคิดรวบยอดของผู้เรียนได้ดีมากขึ้นด้วย เครื่องมือที่นิยมอย่างแพร่หลายได้แก่ Force Concept Inventory Test หรือ FCI ซึ่งเป็นข้อสอบปรนัยใช้วัดความเข้าใจของผู้เรียนในด้านกลศาสตร์[4], Quantum

Mechanics Visualization Instrument หรือ QMVI ซึ่งเป็นข้อสอบแบบปรนัยวัดความเข้าใจเกี่ยวกับกลศาสตร์ควอนตัมขั้นพื้นฐาน [5] เป็นต้น ยิ่งไปกว่านั้นการวิจัยฟิสิกส์ศึกษาได้ค้นพบองค์ความรู้ที่สำคัญต่อการเข้าใจการเรียนรู้ของมนุษย์มากขึ้น ซึ่งองค์ความรู้เหล่านี้ถูกใช้เป็นแนวทางในการปฏิรูปการศึกษาของอเมริกา[6]

บทสรุป

เมื่อก่อนการสอนฟิสิกส์ในอเมริกา ผู้ที่กำหนดขอบข่ายของหลักสูตรและวิธีการสอนก็คืออาจารย์ผู้สอน ทำให้การนำเสนออาจไม่เหมาะสมกับการเรียนรู้ของผู้เรียน ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาที่ผู้เรียนแม้เรียนฟิสิกส์ไปแล้วก็ไม่เข้าใจหลักการฟิสิกส์ การวิจัยด้านฟิสิกส์ศึกษาจึงเกิดขึ้นเพื่อหาแนวทางพัฒนาหลักสูตรให้การสอนฟิสิกส์เหมาะสมกับธรรมชาติการเรียนรู้ของผู้เรียนมากที่สุด เพื่อให้การเรียนการสอนฟิสิกส์สัมฤทธิ์ผล การวิจัยฟิสิกส์ศึกษานอกจากจะทำให้เกิดการสอนฟิสิกส์ที่มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ยังได้ค้นพบองค์ความรู้เกี่ยวกับการเรียนรู้ของมนุษย์ที่มีประโยชน์ต่อการศึกษาดังกล่าว



เอกสารอ้างอิง

- [1] "Milikan Lecture 1990: What we teach and what is learned—Closing the gap," L. C. McDermott, Am. J. Phys. **59**, 301-305 (1991).
- [2] "Resource Letter: PER-1: Physics Education Research," L. C. McDermott and E. F. Redish, Am. J. Phys. **67**(9), 755-767 (1999).
- [3] "Interactive-engagement vs traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses," R. R. Hake, Am. J. Phys. **66**(1), 64-74 (1998).
- [4] "The initial knowledge state of college physics students," I. Halloun and D. Hestenes, Am. J. Phys. **53**, 1043-1055 (1985)
- [5] "Testing the Development of Student Conceptual and Visualization Understanding in Quantum Mechanics through the Undergraduate Career," E. Cataloglu and R. Robinett, Am. J. Phys. **70**, 238 (2002)
- [6] How People Learn, National Research Council (National Academy Press, Washington D.C., 2000)

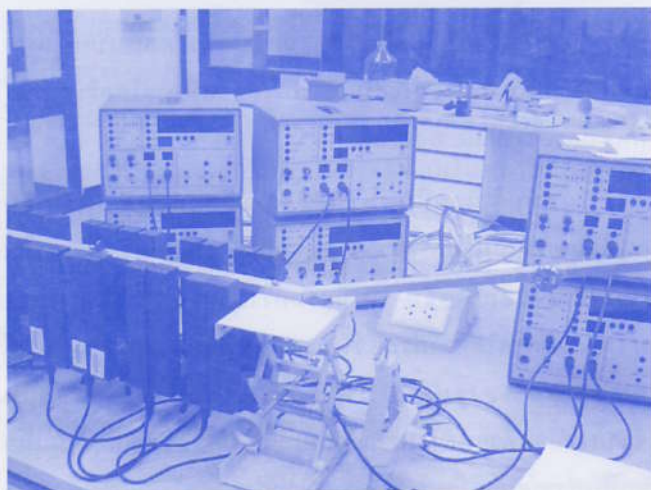
Gauss Rifle

สมชาย เกียรติภมิลชัย

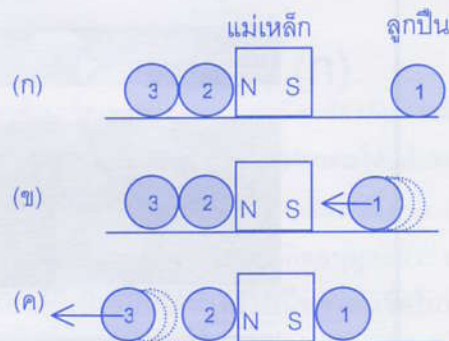
ในยุคที่การขาดแคลนพลังงานเป็นเรื่องวิกฤต การทดลองหนึ่งทางฟิสิกส์ที่ดูเหมือนจะทำให้ความหวังของ *Perpetual Machine* หรือเครื่องจักรที่เคลื่อนไหวได้เองตลอดชีวิตเป็นจริงขึ้นมา จึงน่าสนใจเป็นอย่างยิ่ง การทดลองที่จะกล่าวต่อไปนี้เป็นไปได้มาของพลังงานจากแรงธรรมชาติ ซึ่งเป็นการทดลองง่าย ๆ ที่มีชื่อว่า ปืนไรเฟิลแบบเกาส์ (Gauss Rifle) หรือ เครื่องเร่งก๊าซ ได้แก่ แม่เหล็ก ลูกปืนเหล็ก และราง เท่านั้น โดยให้นามารเรียงกันดังรูปที่ 1

ในรูปที่ 1(ก) ลูกปืนหมายเลข 1 ถูกวางไว้ไกลจากแม่เหล็กพอสมควรจนแม่เหล็กไม่สามารถออกแรงดูดเพื่อเอาชนะแรงเสียดทานได้ ค่อย ๆ ดันลูกปืนเข้ามาจนแรงแม่เหล็กสามารถดูดให้ลูกปืนวิ่งเข้าหาแม่เหล็กได้เอง เมื่อลูกปืดังกล่าวเข้าชนแม่เหล็ก จะเกิดการถ่ายเทโมเมนตัมไปสู่ลูกปืนหมายเลข 2 และหมายเลข 3 ตามลำดับและลูกปืนหมายเลข 3 จะเคลื่อนที่ต่อไปด้วยอัตราเร็วที่สูงกว่าลูกปืนหมายเลข 1 ถ้าถามหนึ่งที่น่าสนใจคือ ถ้าไม่มีลูกปืนหมายเลข 3 ลูกปืนหมายเลข 2 จะสามารถเคลื่อนที่ออกจากแม่เหล็กเองได้หรือไม่...

เพื่อเป็นการศึกษาโดยละเอียดเชิงตัวเลข เราได้จัดชุดทดลองดังรูปที่ 2 โดยนำรางโลหะซึ่งมีร่องบากรูปตัววีตามความยาว 2 ท่อนมาต่อกัน ท่อนหนึ่งวางแนวราบเพื่อติดตั้งชุดทดลอง อีกท่อนวางเอียงเพื่อกำหนดอัตราเร็วก่อนชน เราใช้แม่เหล็กรูปจานกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 17 มิลลิเมตร หนา 5



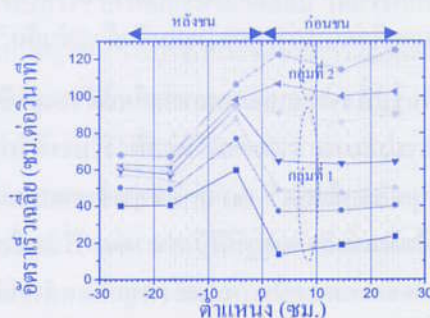
รูปที่ 2 ชุดทดลองปืนไรเฟิลแบบเกาส์ในห้องปฏิบัติการ



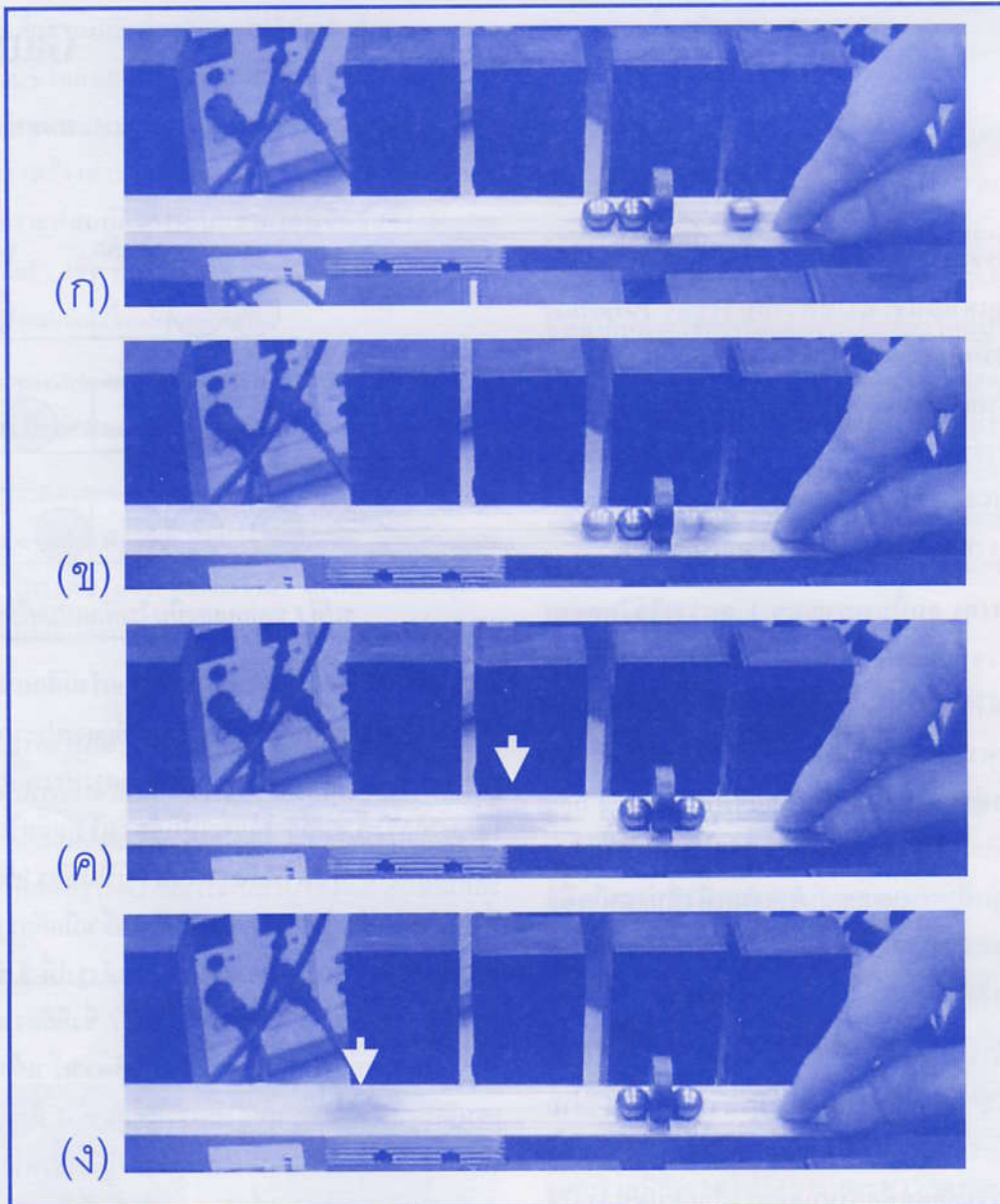
รูปที่ 1 ชุดทดลองปืนไรเฟิลแบบเกาส์

มิลลิเมตรสองก้อนประกบกัน ซึ่งซื้อจากร้านศึกษาภัณฑ์ คิดไว้บนรางโลหะ และใช้ลูกปืนที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร เราใช้ชุดจับเวลาด้วยแสง (ชุดนี้ซื้อจากต่างประเทศ) จำนวน 6 ชุดเพื่อหาอัตราเร็วเฉลี่ย โดยจะเป็นอัตราเร็วเฉลี่ยในระยะทาง 2.5 เซนติเมตร กำหนดให้อัตราเร็วที่ได้เป็นอัตราเร็ว ณ ตำแหน่งกึ่งกลางของช่วงใด ๆ ผลการวัดอัตราเร็วเมื่ออัตราเร็วเข้าชนของลูกปืนหมายเลข 1 มีค่าต่างกันไปเป็นดังรูปที่ 3 ซึ่งจะเห็นได้ว่ากราฟมี 2 ลักษณะ ได้แก่ กราฟกลุ่มที่ 1 ซึ่งมีอัตราเร็วหลังชนมากกว่าอัตราเร็วก่อนชน ซึ่งจะเกิดเมื่ออัตราเร็วเข้าชนไม่เกิน 90 เซนติเมตรต่อวินาที และในกราฟกลุ่มที่ 2 มีอัตราเร็วหลังชนน้อยกว่าอัตราเร็วก่อนชน เราอาจกล่าวได้ว่าสำหรับกราฟกลุ่มที่ 1 ลูกปืนมีพลังงานจลน์สูงขึ้นในขณะที่กลุ่มที่ 2 ลูกปืนมีพลังงานจลน์ลดลง

การไม่เพิ่มขึ้นเสมอไปของอัตราเร็วหลังชนได้เคยมีการรายงานไว้เช่นกันในรายงานของ James A. Rabchuk^[1] ซึ่งในการทดลองของเรา คาดว่าจะเป็นผลเนื่องมาจากการเคลื่อนที่ไปด้วย



รูปที่ 3 อัตราเร็วเฉลี่ยที่ตำแหน่งต่าง ๆ บนรางโลหะ กึ่งกลางแม่เหล็กอยู่ที่ตำแหน่ง 0 ซม.



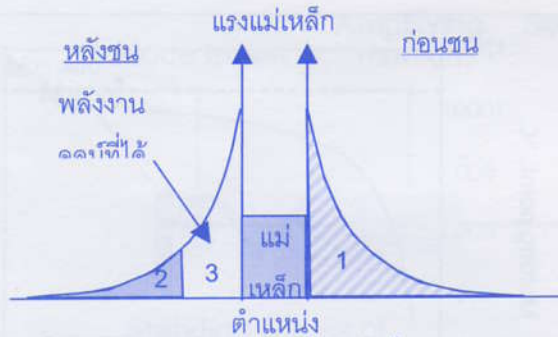
รูปที่ 4 ภาพบันทึกผลการทดลองปืนไรเฟิลแบบแก๊ส ที่ลูกศรชี้ตำแหน่งของลูกปืนหมายเลข 3 หลังชน

ของแม่เหล็กเมื่อถูกชนด้วยโมเมนตัมที่ค่อนข้างมาก (อัตราเร็วเข้าชนสูง) ทั้งนี้เพราะแม่เหล็กดูดติดกับรางแต่ไม่ได้ยึดไว้อย่างแน่นหนาแต่ประการใด อันที่จริงการยึดอย่างแน่นหนาจนเกินไปก็จะเป็นผลดีต่อการถ่ายทอดโมเมนตัมด้วยเช่นกัน^[1]

ในรูปที่ 4 เราแสดงภาพการเคลื่อนที่ของลูกปืนที่เวลาห่างพอ ๆ กัน (ประมาณ 0.04-0.08 วินาที) เริ่มจาก (ก) เป็นภาพที่ลูกปืนเริ่มถูกแม่เหล็กดูด (ข) ลูกปืนพุ่งเข้าชนแม่เหล็กจะสังเกตเห็นว่าลูกปืนหมายเลข 3 (ดูรูปที่ 1 ประกอบ) เริ่มเคลื่อนที่โดยดูได้จากการเบลอของภาพลูกปืน (ค) และ (ง) ลูกปืนหลังชนเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วสูงมากจนภาพที่ถ่ายได้เบลออย่างมาก ตำแหน่งลูกปืนหลังชนระบุด้วยลูกศร

เนื่องจากประเด็นสำคัญของปืนไรเฟิลแบบแก๊สคือการเพิ่มขึ้นของพลังงานจลน์ ผู้เขียนจะขออธิบายโดยใช้ความรู้พื้นฐานเรื่องงานและพลังงานดังนี้

สมมติว่าลูกปืนหมายเลข 1 เริ่มถูกดูดจากอัตราเร็วต้นเท่ากับศูนย์ ลูกปืนถูกเร่งด้วยแรงแม่เหล็กซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อลูกปืนเข้าใกล้แม่เหล็กมากขึ้น งานที่กระทำโดยแรงแม่เหล็กสามารถหาได้จากพื้นที่ใต้กราฟระหว่างแรงแม่เหล็กกับระยะทาง (พื้นที่หมายเลข 1 ของรูปที่ 5) งานดังกล่าวไปสะสมอยู่ในลูกปืนซึ่งแสดงออกด้วยพลังงานจลน์ที่เพิ่มขึ้น (อัตราเร็วที่เพิ่มขึ้น) เมื่อลูกปืนพุ่งชนแม่เหล็ก โมเมนตัมจะถูกถ่ายทอดไปสู่แม่เหล็ก จาก



รูปที่ 5 ภาพเขียนประกอบคำอธิบายการเพิ่มขึ้นของพลังงานจลน์

แม่เหล็กไปสู่ลูกปืนหมายเลข 2 และลูกปืนหมายเลข 2 ผ่านไปยังลูกปืนหมายเลข 3 ซึ่งเป็นลูกปืนหลังชน เนื่องจากเราใช้ลูกปืนมวลเท่ากันทุกลูกและถ้าไม่มีการสูญเสียพลังงานเลย (ในทางปฏิบัติเสียไปในรูปของเสียงชนเป็นอย่างน้อย) ลูกปืนหมายเลข 3 จึงมีอัตราเร็วเท่ากับลูกปืนหมายเลข 1 ก่อนชน ขณะที่ลูกปืนหลังชนเคลื่อนที่หนีออกจากแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กจะพยายามดูดลูกปืนดังกล่าวไว้ อาจกล่าวได้ว่ามีงานที่เป็นลบเกิดขึ้น ทำให้ลูกปืนหลังชนเสียพลังงานและมีอัตราเร็วลดลง (การเปลี่ยนอัตราเร็วจากตำแหน่ง -5 ถึง -17 เซนติเมตร ในรูปที่ 3) แต่เนื่องจากตำแหน่งเริ่มต้นของลูกปืนหมายเลข 3 อยู่ไกลจากขั้วแม่เหล็ก ทำให้งานค่าลบจากแรงแม่เหล็กมีขนาดน้อยกว่างานในช่วงขาเข้าชน (พื้นที่หมายเลข 2 น้อยกว่าพื้นที่หมายเลข 1) ทำให้เมื่อลูกปืนเคลื่อนที่พ้นออกมาจากสนามแม่เหล็กแล้วยังมีพลังงานเหลือโดยเท่ากับพื้นที่หมายเลข 2 ของรูปที่ 5 ซึ่งอยู่ในรูปของพลังงานจลน์ เมื่อเปรียบเทียบกับพลังงานจลน์เริ่มต้นของลูกปืนหมายเลข 1 ซึ่งเป็นศูนย์ ปืนไรเฟิลแบบแก๊สนี้ได้ทำให้ลูกปืนมีพลังงานจลน์เพิ่มขึ้นได้ด้วยแรงจากธรรมชาติล้วน ๆ

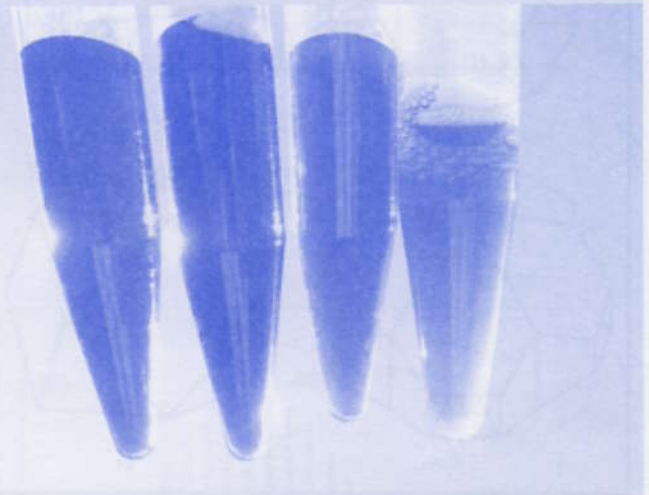
เมื่ออ่านถึงตรงนี้อาจมีบางท่านเกิดไอเดียให้นำชุดทดลองนี้หลายๆชุดมาต่ออนุกรมกัน เราก็จะได้เครื่องเร่งมวลสารที่เพิ่มพลังงานจลน์ตามจำนวนชุดที่ใช้ หรือมองไปไกลถึงการต่อเป็นวงกลมเพื่อสร้างเครื่องจักรที่เคลื่อนไหวได้เองตลอดชีวิต ซึ่งผู้เขียนคิดว่าคงเป็นไปได้เพราะลูกปืนหมายเลข 3 ไม่สามารถเคลื่อนที่กลับมาที่เดิมได้เองเพื่อพร้อมสำหรับการชนครั้งต่อไป ...ต้องมีใครซักคนไปจัดชุดอุปกรณ์...

เอกสารอ้างอิงและเอกสารแนะนำ

- [1] James A. Rabchuk, *The Gauss Rifle and Magnetic Energy*, The Physics Teacher Vol. 41, 158-161 (March 2003).
- [2] David Kagan, *Energy and Momentum in the Gauss Accelerator*, The Physics Teacher Vol. 42, 24-26 (January 2004).

โลกมหัศจรรย์ของทองคำนาโน

สุภาพ ชูพันธ์



รูปที่ 1 สีแดงจนถึงสีน้ำเงินของทองคำนาโนที่มีขนาดอนุภาคของทองคำนาโนต่างกัน (ดูภาพ 4 สีที่ปกหลัง)

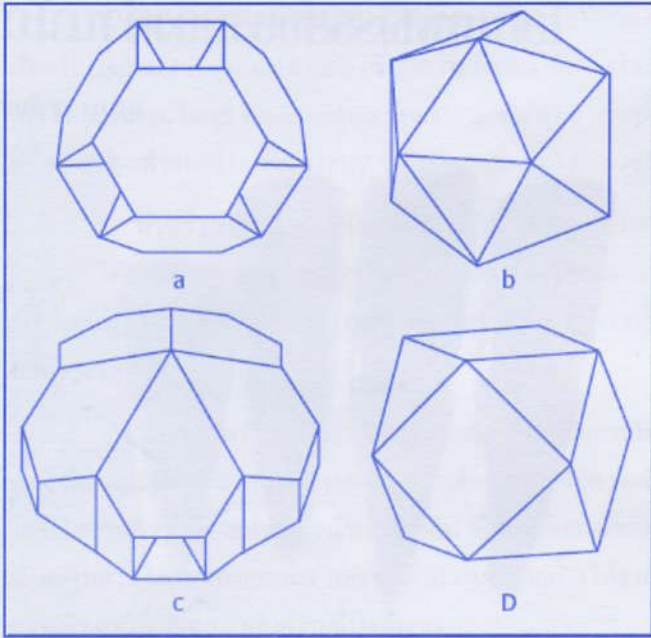
ถ้าพูดถึงทองคำ คนส่วนใหญ่คงนึกอยากได้ทองคำก้อนใหญ่ๆ ยิ่งมากยิ่งขึ้นยิ่งตอนนี้ราคาทองคำบาทละเกือบหมื่นบาทแล้ว คงยากที่จะคิดปฏิเสธทองคำ แต่ก็ยังมีนักวิทยาศาสตร์บางกลุ่มที่คิดอยากได้และตื่นเต้นกับทองคำที่มีขนาดเล็กๆ ยิ่งเล็กในระดับนาโนเมตรยิ่งดี แทนที่จะอยากได้ขนาดใหญ่ๆ ทำไมจึงเป็นเช่นนั้นทองคำที่มีขนาดในระดับนาโน หรือจะขอเรียกสั้นๆว่าทองคำนาโนมีความสำคัญอย่างไร

ความสำคัญหลักของทองคำนาโนคือคุณสมบัติที่เปลี่ยนไปของทองคำที่มีขนาดในระดับนาโนเมื่อเทียบกับทองคำที่มีขนาดใหญ่เป็นก้อนสาร ในหลายๆ ด้าน ทำให้สามารถนำเอาทองคำนาโนไปประยุกต์ใช้แบบใหม่ๆที่ไม่เคยมีมาก่อน ได้อย่างกว้างขวางมากมาย คุณสมบัติที่เปลี่ยนไปของทองคำนาโนพอสรุปได้ดังนี้

ทองคำนาโนจะมีอัตราส่วนของพื้นผิวต่อปริมาตรมีค่ามหาศาล ดังนั้นปรากฏการณ์หรือปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวของทองคำจะเกิดได้ดีขึ้นและรวดเร็วขึ้น มีประโยชน์ทางด้านตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งการเกิดปฏิกิริยานี้จะขึ้นอยู่กับขนาดอนุภาคของทองคำนาโน ดังนั้นถ้าเราสามารถควบคุมขนาดอนุภาคได้ เราก็สามารถควบคุมปฏิกิริยาเคมีได้

สีที่เราคุ้นเคยของทองคำคือสีเหลือง ซึ่งเกิดจากการสะท้อนของแสงตกกระทบที่ตาเรามองเห็น โดยการสะท้อนแสงในช่วงแสง

นาโนสาร

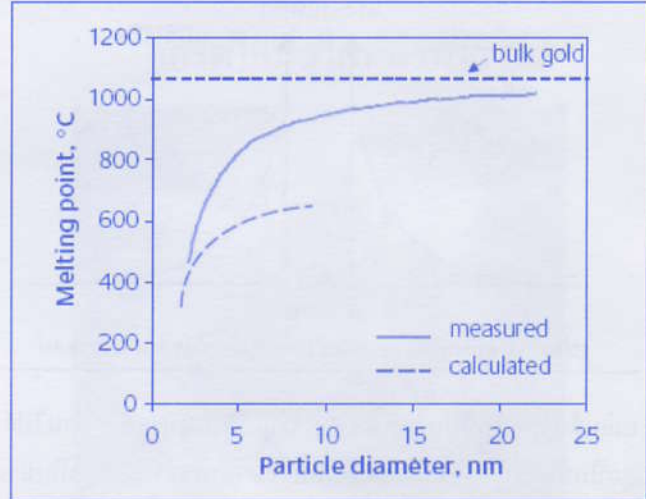


รูปที่ 2 โครงสร้างผลึกของทองคำนาโนที่แตกต่างจากทองคำก้อน โครงสร้างมีชื่อเรียกว่า (a) truncated octahedron, (b) icosahedron, (c) Marks decahedron และ (d) cuboctahedron

สีน้ำเงินจะมีค่าน้อย เทียบกับแสงในช่วงสีแดง ทำให้เราเห็นเป็นสีเหลือง แต่เมื่อทองคำมีขนาดอนุภาคเล็กลง **จนมีขนาดเล็กกว่าความยาวคลื่นของแสงตกกระทบ** การเห็นสีจึงไม่ได้เกิดจากการสะท้อนแสง แต่มีสาเหตุมาจากพลาสมอนพื้นผิว (surface plasmon) ทองคำนาโนที่มีอนุภาคขนาดเล็กจนถึงระดับหนึ่งจะมีสีแดง ที่จริงแล้วปรากฏการณ์นี้รู้จักกันมาตั้งแต่สมัยโรมัน เมื่อหลายร้อยปีมาแล้ว ในการทำกระจกสีที่ใช้ประดับโบสถ์ โดยการผสมโลหะ เช่น ทองแดง ทองคำ หลอมผสมกับแก้วเป็นสีต่างๆ ซึ่งสีเหล่านี้เกิดขึ้นจากอนุภาคนาโนของโลหะที่อยู่ในกระจก สีของทองคำนาโนนี้ขึ้นอยู่กับขนาดอนุภาคของทองคำนาโน ดังรูปที่ 1 ทองคำนาโนสามารถมีสีแดงจนถึงสีน้ำเงิน

โครงสร้างผลึกของทองคำก้อน โดยปกติเป็นแบบ face-centered cubic (fcc) แต่ทองคำนาโนจะมีโครงสร้างผลึกที่แตกต่างออกไปดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งเป็นผลสืบเนื่องมาจากทองคำนาโนมีพื้นที่ผิวมาก ทำให้พลังงานพื้นผิว (surface energy) ของทองคำเป็นส่วนสำคัญในการกำหนดโครงสร้างผลึก

จุดหลอมเหลวของทองคำอยู่ที่ 1064 องศาเซลเซียส แต่จุดหลอมเหลวของทองคำนาโนจะมีค่าลดลงขึ้นอยู่กับขนาดอนุภาคของทองคำนาโน ดังแสดงในรูปที่ 3 เช่นอนุภาคทองคำนาโน



รูปที่ 3 จุดหลอมเหลวของทองคำนาโนขึ้นอยู่กับขนาดอนุภาคของทองคำนาโน โดยจะมีค่าลดลงจากจุดหลอมเหลวของทองคำก้อนใหญ่

ขนาด 5 นาโนเมตร จะกลายเป็นของเหลวที่อุณหภูมิแค่ 830 องศาเซลเซียส การลดลงของจุดหลอมเหลวนี้นี้มีสาเหตุหลักมาจากพื้นที่ผิวที่เพิ่มขึ้นของทองคำนาโนนั่นเอง

ทองคำเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี จะเป็นรองแค่ทองแดงและเงินเท่านั้น แต่เราคงคิดไม่ถึงว่าทองคำนาโนขนาด 1-3 นาโนเมตร มีสมบัติเป็นสารกึ่งตัวนำที่มีค่าช่องว่างแถบพลังงานมากพอสมควร

ทองคำนาโนจะมีความแข็งแรงและความเหนียวเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากทองคำนาโนมีขนาดเล็กมากจนแทบจะไม่มีตำหนิแลทธิภายในเลย คำนิยามแลทธิภายในเป็นสาเหตุหลักของการแตกร้าวของสาร

นอกจากนี้ยังมีสมบัติต่างๆอีกมากของทองคำนาโน ทั้งในทางแสง ทางไฟฟ้า ทางแม่เหล็ก ทางกายภาพ ทางกล ทางความร้อนที่น่าจะแตกต่างจากทองคำธรรมดา ซึ่งยังไม่มีการค้นพบอีกมาก

จะเห็นว่าทองคำนาโนเป็นโลกมหัศจรรย์อีกโลกหนึ่งที่เรายังรู้จักไม่เพียงพอ ที่จริงแล้ว วัสดุนาโนอื่นๆ ก็จะมีคุณสมบัติที่เปลี่ยนไปเมื่อมีขนาดในระดับนาโน ในลักษณะคล้ายคลึงกับกรณีของทองคำนาโน คุณสมบัติที่เปลี่ยนไปเหล่านี้ รอการสำรวจจากพวกเราอยู่ เราจะเดินทางไปสำรวจกันหรือยังครับ



เอกสารอ้างอิง

[1] M. B. Cortie, Gold Bulletin 37, 12 (2004).

วิจารณ์การนำเสนอกฎนิวตัน III : รอยปรทบของบทวิจารณ์ชุดนี้

ชาญกิจ กันฉ่อง

กรอบเฉื่อยอยู่ที่ไหน?

... ดังนั้นเป็นไปได้ว่าในขอบเขตดาวครึ่งอันไกลโพ้น หรือบางทีไกลกว่าดาวพวกนั้นอีก อาจมีบางวัตถุอยู่นิ่งอย่างสมบูรณ์ แต่เป็นไปได้ที่จะรู้จากตำแหน่งวัตถุที่เทียบซึ่งกันและกันภายในขอบเขตของเราว่ามีตัวใดหรือไม่ที่สามารถรักษาคำแหน่งนิ่งเมื่อเทียบกับบางวัตถุไกลโพ้นนั้น ทำให้ความนิ่งอย่างสมบูรณ์ไม่สามารถระบุได้จากตำแหน่งวัตถุในขอบเขตของเรา [ขีดเส้นโดยผมเอง]

เซอร์ ไอแซก นิวตัน (Newton, 1729: 15)

เพื่อให้การนำเสนอกฎข้อที่ 1 ของนิวตันพ้นไปจากการใช้ concept แรง ที่มีในกฎข้อที่ 2 บทความ I (วารสาร “ทิพย์” ฉบับ ม.ย. - ส.ค. 2548) ได้นำเสนอ “วิธีไกลที่สุด” (เพื่อประกันว่าไม่ได้ถูกปัจจัยภายนอกกระทำแน่ๆ) ในการระบุวัตถุอิสระที่ใช้เป็นจุดอ้างอิงกรอบเฉื่อยและเป็นตัวเทียบในการระบุภาวะที่มีแรงกระทำ แต่ปัญหาคือจุดอ้างอิงดังกล่าวอยู่ที่ไหน? เพราะใน “ขอบเขตของเรา” ตั้งแต่บนโลกจนถึงระบบสุริยะมีแต่วัตถุที่ถูกแรงกระทำทั้งสิ้น แม้แต่ดาวครึ่งที่เห็นอยู่บนฟ้าก็ไม่สามารถแน่ใจได้ว่ามีแรงภายนอกกระทำต่อมันหรือไม่ และสามารถเป็นไปได้ว่าทุกวัตถุในเอกภพมีแรงกระทำต่อกันทั้งหมดเลย ถ้าเป็นกรณีหลังแล้วในทางทฤษฎีก็ไม่มีวิธีระบุการดำรงอยู่ของกรอบเฉื่อยในขณะนั้นได้อย่างแท้จริง ทำให้ไม่สามารถหาตัวเทียบในการระบุภาวะความเร่งได้ ภาวะที่ถูกแรงกระทำก็ไม่มี ความหมายที่แน่นอน เป็นรอยปรทบ (defect) ที่แสดงความไม่สมบูรณ์ทางตรรกะในการเรียบเรียงกฎนิวตันที่นำเสนอในบทความ I

นิวตัน ตระหนักถึงเรื่องนี้และแก้ปัญหาโดยเสนอการมีอยู่ของ กรอบสมบูรณ์ (absolute frame) หรือ อวกาศสมบูรณ์ (absolute space) คือ อวกาศที่อยู่นิ่งอย่างสมบูรณ์ ไม่ต้องอ้างอิงกับวัตถุใดโดยมีวัตถุต่างๆ ในเอกภพอาศัยเคลื่อนที่อยู่ภายในกรอบนี้ แต่ปัญหาคือ ในกลศาสตร์ การวัดตำแหน่ง ความเร็ว ความเร่ง เป็นสัมพัทธ์ ต้องเทียบกับตำแหน่งของบางสิ่งบางอย่าง ซึ่งในโลกจริงหรือทางปฏิบัติต้องเลือกวัตถุที่มีอยู่จริง เช่น ดาวครึ่ง เป็นตัวเทียบ ดังนั้นข้อเสนอนี้ไม่อิงกับการวัดที่ต้องเป็นสัมพัทธ์ จึงไม่ใช่การอ้างเหตุผลแบบวิทยาศาสตร์ที่เป็นปฏิฐานนิยม (positivism) คือ คำอธิบายเกินจำเป็นกว่าที่ควรใช้อธิบายสิ่งที่วัดได้หรือสังเกตได้อย่างเชิงประจักษ์ ไม่มีความหมาย กล่าวได้ว่าเป็นการอ้างเหตุผลแบบอภิปราย



อนุสาวรีย์ของนิวตันที่ตั้งอยู่ในโบสถ์ของ Trinity College
ปฏิกิริยาของ Louis Francois Roubillac

(metaphysics) ของนิวตัน ผู้ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการสถาปนาความคิดปฏิฐานนิยม มีผู้อธิบายว่า นิวตันเป็นคนนิยมศาสนาแต่ขณะเดียวกันก็แยกแยะความคิดความเชื่อทางศาสนาออกจากงานเขียนวิทยาศาสตร์ เพราะต้องการแยกแยะ (purify) วิชาการที่ตั้งอยู่บนฐานของการอธิบายปรากฏการณ์เชิงประจักษ์ ออกจากวิชาการและประสบการณ์ทางศาสนา ความนึกคิด กรอบสมบูรณ์ของนิวตันเป็นสิ่งเดียวในงานปรัชญาธรรมชาติของเขาที่เชื่อมโยงศาสนาและวิทยาศาสตร์เข้าด้วยกัน (Jammer, 1993: 98)

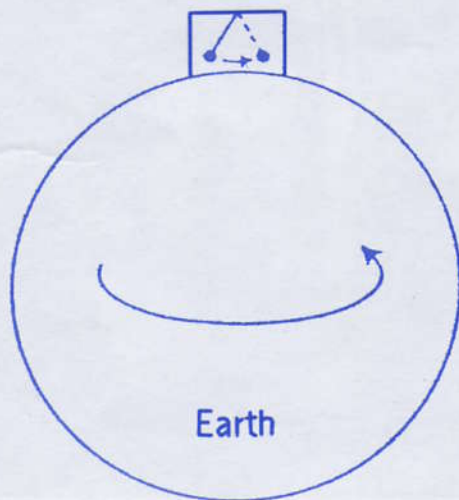
แต่ถ้าแก้ไขโดยเปลี่ยนจากกรอบสมบูรณ์เป็นสัมพัทธ์โดยถือไปเลยว่า กฎข้อที่ 1 เป็นสิ่งพจน์ว่าด้วยการมีอยู่ของกรอบเฉื่อย (สัมพัทธ์) โดยไม่ต้องอ้างอิงกับวัตถุอิสระหรือดาวครึ่งใด

(Marion and Thornton, 1995: 53) ข้อความนี้เป็นความจริงมาก เพราะกฎนิวตันใช้ได้ทางปฏิบัติ แต่ก็ทำนองเดียวกัน มีปัญหาเกี่ยวกับการอธิบายการดำรงอยู่ ยังไม่มีทางรู้โดยหลักการว่ากรอบเฉื่อยที่แท้จริงอยู่ที่ไหน และไร้ความหมายในวิทยาศาสตร์ปฏิฐานนิยม ข้อนี้สามารถแก้ไขได้ในทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไป ที่ทุกวัตถุที่ตกอย่างอิสระในความโน้มถ่วงเป็นจุดอ้างอิงกรอบเฉื่อยหมดเลย แต่เป็นกรอบเฉื่อยแบบเฉพาะที่ (local) (Rindler, 1969: 22-25; Carroll, 2004: 48-52)

หลักของมก

....มันขัดความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของใครก็ตาม ที่จะนึกจินตนากรรมสิ่ง [เช่น กรอบเฉื่อย] ที่กระทำ แต่ไม่สามารถถูกกระทำ

อัลเบิร์ต ไอน์สไตน์ (Rindler, 1969: 6, 18)



มีปัญหากับกรอบเฉื่อยอีกแบบหนึ่งที่ E. Mach (ใน *The Science of Mechanics* 1883) ได้ริเริ่มบ่งชี้ไว้ (Rindler, 1969: 5-25; d'Inverno, 1996: 121-125) พิจารณาตัวอย่างหนึ่งคือ ลูกตุ้มฟูโกต์ (Foucault pendulum) เพื่อให้ง่ายคิดตั้งลูกตุ้มบนผิวโลก ณ ขั้วโลกเหนือ (ดังรูป) ถ้าไม่มีกรอบสมบูรณ์ และคือนิยามกรอบเฉื่อยจากดาวตรึง จะเห็นลูกตุ้มรักษากะแวกในระนาบคงที่เทียบกับดาวตรึง เพราะมีแค่แรงสู่ศูนย์กลางของโลกที่ทำให้ลูกตุ้มแกว่ง ไม่มีแรงภายนอกกระทำนี้ กรอบโลกใช้เวลาหมุนรอบตัวเอง 24 ชั่วโมงเทียบกับดาวตรึง คนที่อยู่บนโลกจะเห็นลูกตุ้มแกว่งโดยกวาดระนาบการแกว่งไปครบรอบด้วยคาบ 24 ชั่วโมง คำถามคือ ถ้ายกดาวตรึงออกไปทั้งหมด ลูกตุ้มจะแกว่งอย่างไร? ดาวตรึงอยู่ไกลมากเป็นจุดอ้างอิงกรอบเฉื่อยไม่มีแรงกระทำกับระบบ ข้อมไม่ใช้สาเหตุกำหนดควิธีแกว่งของลูกตุ้ม จึงอาจตอบได้ว่า ลูกตุ้มจะแกว่งในวิถีเดิม? แต่ตัวเลข 24 ชั่วโมงได้จากการเทียบกับดาวตรึง

เมื่อไม่มีหมุดอ้างอิง คำว่าโลกหมุนหรือการกวาดระนาบของลูกตุ้มในคาบ 24 ชั่วโมงก็ไม่มีความหมาย แต่อาจหาคำตอบที่มีเหตุผลได้จากการหาแนวความเร่งที่มีความหมายและสามารถเกิดขึ้นได้จากแรงโน้มถ่วงของระบบนี้ คือ ลูกตุ้มยังคงแกว่งแต่อยู่ในระนาบคงที่กับโลก ไม่มีการกวาดระนาบรอบ 24 ชั่วโมงเช่นเดิม นำแปลกว่า ดาวตรึงที่ไม่มีแรงกระทำใดกับระบบ ถ้ายกออกไปกลับทำให้วิถีการเคลื่อนที่ของลูกตุ้มบนโลกเปลี่ยนไปได้ การเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ของลูกตุ้มนี้จึงไม่ใช่ effect ของแรงในกฎข้อที่ 2 นับเป็นรอยปริทางตรรกะอีกชนิดหนึ่งของกฎนิวตัน ลองพิจารณาปัญหาที่ง่ายกว่านี้

พิจารณาระบบวัตถุคู่ในเอกภพว่างเปล่า

1. กรณีไม่ใช่แรงโน้มถ่วง การหมุนหรือแม้แต่ความเร่งใดๆ ของวัตถุจะมีความหมายต่อเมื่อเอกภพมีวัตถุอิสระอย่างน้อยอีกตัวหนึ่งทำหน้าที่เป็นหมุดอ้างอิงกรอบเฉื่อย ถ้าไม่มีหมุดนี้ ก็ไม่มีทางระบุความเร่งของวัตถุในระบบได้อย่าง unique ถ้าพยายามประยุกต์วิธีในบทความ I โดยถือว่าในที่นี้จุดวัตถุอิสระเป็นศูนย์กลางมวล จะเห็นว่าศูนย์กลางมวลนิยามจากมวลเฉื่อยซึ่งไม่สามารถระบุจากผลของแรงกระทำได้อย่าง unique ถ้าความเร่งไม่สามารถระบุได้อย่าง unique แต่ถ้าพิจารณาหาแนวความเร่งที่สามารถระบุได้อย่างมีความหมาย ก็คือ ทิศทางที่วัตถุพุ่งเข้าหาหรือออกจากกันเท่านั้น ก็ยังไม่ทราบว่าจะเลือกจุดอ้างอิงใดระหว่างวัตถุเพื่อเทียบการวิ่งเข้าหาหรือออกจากกันเพื่อให้เกิดค่าความเร่งของแต่ละวัตถุเท่าไรดี แต่เมื่อใส่ดาวตรึงเข้าไปในระบบ ความเร่งก็จะมีความหมายทันที และมวลเฉื่อยของวัตถุก็ปรากฏออกมา

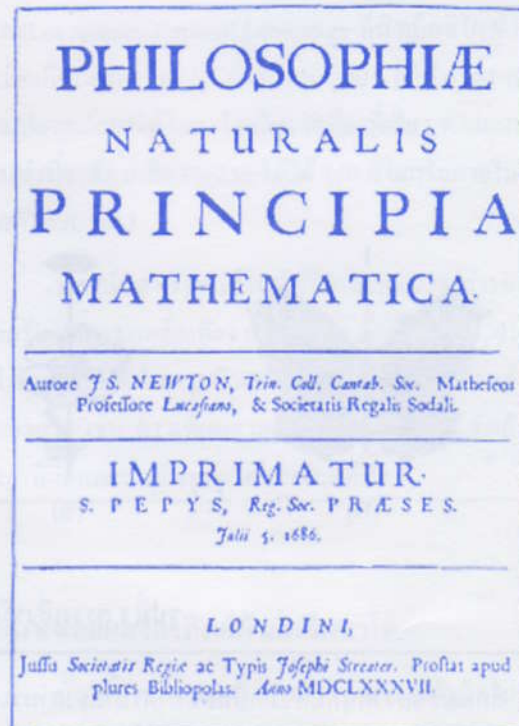
2. กรณีแรงโน้มถ่วง เช่น ระบบดาวคู่ แนวความเร่งที่มีความหมาย คือ ทิศที่ดาวพุ่งเข้าหาหรือออกจากกัน กรณีนี้ควรพุ่งเข้าหากัน แต่มีความคลุมเครือในวิธีระบุค่าความเร่งของแต่ละดาวอาจจะระบุอย่างมีเหตุผลได้โดยระบุความเร่งสัมพัทธ์ระหว่างกัน ($\vec{a}_{rel} = -\vec{\nabla}[G(m_1 + m_2)/r_{rel}]$) ที่ขึ้นกับผลรวมของมวลโน้มถ่วง (ซึ่งเป็น source ของความโน้มถ่วง มีความหมายต่างไปจากมวลเฉื่อยของวัตถุที่พิจารณาการเคลื่อนที่) แต่ไม่อาจบอกได้ว่ามวลโน้มถ่วงของแต่ละดาวมีค่าเท่าใด ถ้าใส่ดาวตรึงเข้าไปในระบบ โดยให้อยู่ห่างไกลมากและให้เป็นฝ่ายวิ่งโคจรรอบแนวที่เชื่อมต่อระหว่างดาวคู่ทั้งสอง จะมีผลทำให้ระบบเปลี่ยนไปโดยดาวทั้งสองหยุดพุ่งเข้าหากัน อยู่ห่างจากกันระยะหนึ่ง และปรากฏมวลเฉื่อยขึ้นมา ข้อที่น่าแปลกประหลาดคือ

2.1 แม้ว่าวัตถุอิสระที่ใส่เข้าไปเป็นแค่ขี้น effect ของขี้น ก็ยังทำให้ดาวแต่ละดวงปรากฏมวลออกมาได้เท่ากับที่มันเป็น คือ อาจจะมีค่ามวลหาค่าอย่างดวงอาทิตย์ก็ได้ ซึ่งพิจารณาตาม E. Mach ได้ว่า absurd

2.2 ดาวครึ่งที่เพิ่มขึ้นมา แม้ไม่มีแรงกระทำตามกฎข้อที่ 2 แต่กลับทำให้ดาวคู่ที่ต้องพุ่งเข้าหากันในเอกภพว่างเปล่า เปลี่ยนวิธีการเคลื่อนที่เป็น โคจรซึ่งกันและกันเมื่อมีตัวเทียบคือดาวครึ่งที่ใส่ไป อาจกล่าวได้ว่าดาวครึ่งส่ง effect บางอย่างมาถ่วงดุลกับแรงโน้มถ่วงของดาวคู่ทั้งสองไม่ให้ถูกดึงดูดเข้าหากันเหมือนดังในกรณีเอกภพว่าง ในกรอบการตีความแบบกฎนิวตัน effect ดังกล่าวก็คือ แรงเทียม (fictitious force) ซึ่งในที่นี้เป็น แรงหนีศูนย์กลาง นั่นเอง แต่กลับถูกมองด้วยกระบวนการที่สั่นที่ต่างออกไปโดยสิ้นเชิง

E. Mach ได้นำเสนอการแก้ปัญหา ในที่นี้จะกล่าวถึงแบบ ที่ถูกปรับปรุงโดย D. W. Sciama 1953 (Brans and Dicke, 1961: 926) คือ ไม่ใช่แค่อนุภาคขี้นอิสระเม็ดเดียว แต่ดาวครึ่งทั้งหมดที่มี ในเอกภพเป็นผู้กำหนดกรอบเฉื่อยโดยกำหนดค่า G ในสเกล $\bar{a}_1 = -\bar{\nabla}_1 (G m_2 / r_{rel})$, $\bar{a}_2 = -\bar{\nabla}_2 (G m_1 / r_{rel})$ ดังนั้น source ของความโน้มถ่วง “ Gm ” เป็นผลรวมระหว่างค่าความโน้มถ่วงสากล ที่เป็น effects รวมของดาวครึ่งทั้งหมดที่มีในเอกภพ กับ สมบัติของวัตถุเอง คือมวลโน้มถ่วง ที่ถูก identify ว่าเท่ากับมวลเฉื่อย จะเห็นว่ามวลดาวครึ่งหรือวัตถุอื่นๆ ในเอกภพเป็นผู้กำหนดกรอบเฉื่อยขึ้นมา อย่างเฉพาะที่ เพื่อให้เห็นความเร่งของดาวคู่ดังที่ปรากฏ เช่น เพื่อให้เกิดกรณีที่โคจรซึ่งกันและกัน ดังนั้นถ้าพบว่าค่าคงที่ในอวกาศ ก็แสดงว่าเอกภพมีมวลกระจายอย่างสม่ำเสมอ เป็นข้อแก้ไขที่พิสดารมาก ไอน์สไตน์รวมเรียกอย่างหลวมๆ ว่า หลักของมัท (Mach's principle)

แม้ว่ามีความพยายามนำเสนอกฎนิวตันให้เป็นระบบ ตรรกะที่สมบูรณ์ อย่างขลุ่ยคิดเท่าใด ก็ยังคงมีปรากฏการณ์งูกินหาง และรอยปริต่างๆ เกิดขึ้น ผมคิดว่าทั้งนี้เพราะ ความจริงในกฎนิวตัน มาพร้อมกันทั้งหมดเปรียบเป็นวงปิดวงหนึ่งอยู่แล้ว ที่ต้องมีพร้อมกันหมดทั้งวง ไม่สามารถตัดตอนได้ เป็นความสัมพันธ์เชิงโครงสร้าง ไม่ใช่ความสัมพันธ์เชิงเหตุผล ตรรกะเป็นเหมือนมิดคมา ที่ใช้ทำ ภายวิภาคตัดตอนแยกย่อยให้เป็นลำดับก่อน-หลัง หรือ พื้นฐาน-ซับซ้อน ย่อมทำให้เกิดรอยปริขาด ไม่สมบูรณ์ แต่การนำเสนอด้วยตรรกะยัง มีความจำเป็นอยู่ เพราะสะดวกในการเรียบเรียง วิเคราะห์เพื่อให้



เกิดความเข้าใจ ก่อนที่จะสามารถค้นพบและแหวกกรอบปรัชญาของทฤษฎี เป็นประตูไปสู่ complement เบื้องหลัง อันเป็นโลกธรรมชาติที่ยิ่งใหญ่กว่า

กิตติกรรมประกาศ

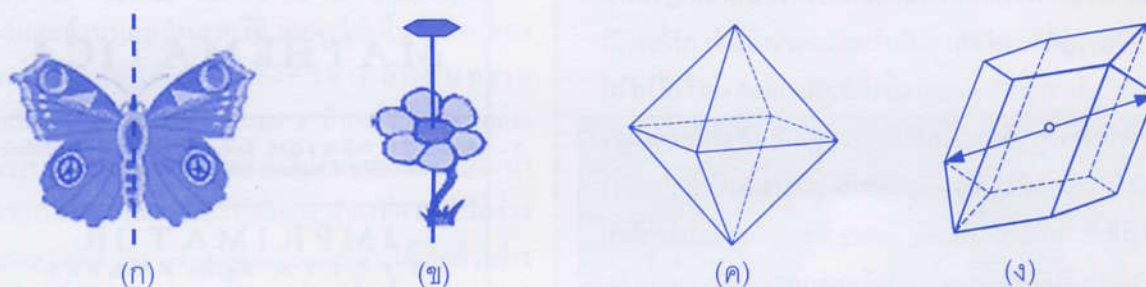
ขอขอบคุณ คุณ อธิญา ทองกุล สำหรับข้อถกเถียง และเอื้อเฟื้อข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

- Brans, D. and Dicke, R. H. 1961. "Mach's Principle and a Relativistic Theory of Gravitation." *Physical Review*. **124**, 3, 925-935.
- Carroll, S. 2004. *Spacetime and Geometry: an Introduction to General Relativity*. Addison-Wesley.
- d'Inverno, R. 1996. *Introducing Einstein's Relativity*. Clarendon. Oxford.
- Jammer, M. 1993. *Concepts of Space: the History of Theories of Space in Physics*. 3rd ed. Dover.
- Marion, J. B. and Thornton, S. T. 1995. *Classical Dynamics of Particles and Systems*. 4th ed. Harcourt College.
- Newton, Sir Isaac. 1729. *The Principia* [abbreviated name]. 1995 reprint. Prometheus.
- Rindler, W. 1969. *Essential Relativity: Special, General, and Cosmological*. Van Nostrand Reinhold.

มากกว่าความเป็นสมมาตร

อนุชา วัชรภาสกร*



รูปที่ 1 สรรพสิ่งชนิดต่างๆที่มีลักษณะสมมาตร [1,2]

ลักษณะของวัตถุที่มีความเป็นสมมาตรนั้นเราสามารถพบได้บ่อยในชีวิตประจำวันโดยเฉพาะในสรรพสิ่งที่เกิดจากการรังสรรค์ของธรรมชาติ ยกตัวอย่างเช่นในสิ่งมีชีวิตเช่นมนุษย์หรือสัตว์นานาชนิด จะมีความเป็นสมมาตรอยู่อย่างหนึ่ง นั่นคือการที่อวัยวะด้านซ้ายมีลักษณะเป็นภาพสะท้อนของอวัยวะด้านขวา ดังแสดงในรูปที่ 1 (ก) เราสามารถกล่าวได้ว่า ลักษณะสมมาตรนี้เกิดจากการที่เรานำระนาบกระจก (mirror plane) คือเส้นประในรูปที่ 1 (ก) ไปวางไว้แล้วภาพสะท้อนที่เกิดขึ้นทำให้วัตถุดังกล่าวเกิดสภาพสมมาตรขึ้นระนาบกระจกนี้ จัดเป็น **ชิ้นส่วนสมมาตร (symmetry element)** ชนิดหนึ่งที่พบได้ทั่วไปในชีวิตประจำวัน

ชิ้นส่วนสมมาตรชนิดอื่นที่สามารถพบได้ในธรรมชาติ เช่น ดอกไม้หรือใบไม้ที่มีหลายแฉก [รูปที่ 1 (ข)] จะมีชิ้นส่วนสมมาตรเพิ่มขึ้นมา เรียกว่า แกนสมมาตรการหมุน (axis of rotational symmetry) จากตัวอย่างดอกไม้นี้ ถ้าเราดูเฉพาะตรงดอกไม้ จะสังเกตได้ว่า การที่เราหมุนดอกไม้ไปทุกๆ 60 องศา ดอกไม้จะมีลักษณะเหมือนกับตอนก่อนหมุน ดังนั้นเราสามารถหมุนดอกไม้เป็นจำนวนหกครั้งจึงจะครบรอบ และแต่ละครั้งดอกไม้จะมีลักษณะเหมือนกับยังไม่ได้หมุน แกนสมมาตรการหมุนสำหรับดอกไม้จะมีชื่อเรียกเฉพาะว่า **แกนสมมาตรการหมุนหกทบ (axis of sixfold rotational symmetry)** หรือเรียกสั้นๆ ว่า แกนหกทบ (sixfold axis) สัญลักษณ์ของแกนนี้จะมีลักษณะเป็นหกเหลี่ยมดังรูป

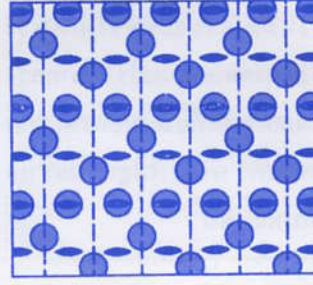
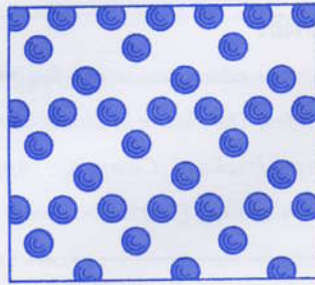
สำหรับผลึก (crystal) ที่มีลักษณะสมมาตรมากกว่าสี่

หรือดอกไม้ เช่น ผลึกของฟลูออไรต์ ซึ่งมี รูปร่างดังที่เห็นใน รูปที่ 1 (ค) จะมีจำนวนชิ้นส่วนสมมาตรมากขึ้น โดยที่เราสามารถนับได้ทั้งหมดมีแกนสี่ทบจำนวน 3 แกน แกนสามทบ 4 แกน แกนสองทบ 6 แกน ระนาบกระจก 9 ระนาบ และมี **จุดศูนย์กลางการผกผัน (center of inversion)** 1 จุด จุดศูนย์กลางการผกผันนี้ มีความหมายว่า ทุกตำแหน่งในผลึก จะเลื่อนผ่านจุดจุดนี้แล้วเลยไปด้วยระยะที่เท่ากัน ดังตัวอย่างผลึกในรูปที่ 1 (ง) ซึ่งไม่มีชิ้นส่วนสมมาตรชนิดอื่นอยู่เลยนอกจากจุดศูนย์กลางการผกผันเท่านั้น ลูกศรในรูปแสดงถึงลักษณะสมมาตรที่เกิดขึ้น

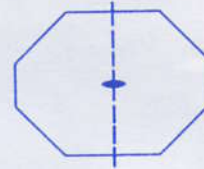
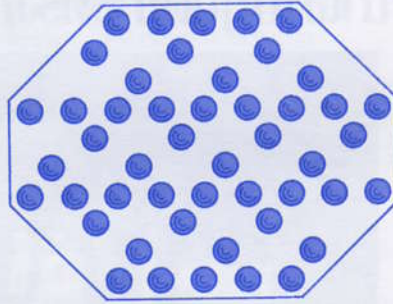
ผลึกทุกชนิดทั้งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและที่มนุษย์สร้างขึ้น มีจุดกำเนิดมาจากการเรียงตัวของอะตอมหรือไอออนอย่างมีระเบียบ และในความเป็นระเบียบนั้น มีชิ้นส่วนสมมาตรเกี่ยวข้องอยู่ด้วย และ จากความสมมาตรของตำแหน่งของอะตอมหรือไอออน ส่งผลเกี่ยวเนื่องไปถึงลักษณะสมมาตรของผลึกที่เห็นจากภายนอก ดังตัวอย่างที่แสดงไว้ในรูปที่ 2 จะเห็นได้ว่าลักษณะสมมาตรในระดับอะตอม ซึ่งมีทั้ง ระนาบกระจก (เส้นประ) และ แกนสองทบ (วงรีสีดำ) ทำให้ผลึกที่เรามองเห็นกันอยู่มีลักษณะที่สมมาตร คล้ายคลึงกัน นั่นคือ มีชิ้นส่วนสมมาตรชนิดเดียวกัน ดังนั้นรูปร่างภายนอกของผลึกสามารถใช้บ่งบอก ลักษณะสมมาตรของการเรียงตัวของอะตอมภายในได้

สมบัติอื่นๆของวัสดุสามารถบ่งบอกถึงลักษณะสมมาตรของวัสดุได้เช่นกัน ตัวอย่างเช่น การนำ ความร้อนในผลึกควอตซ์ (quartz) เมื่อนำผลึกควอตซ์มาตัดเป็นแผ่นแบนๆ [รูปที่ 3 (ก)]

* อาจารย์ (ดร.) ประจำภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่



(ก)



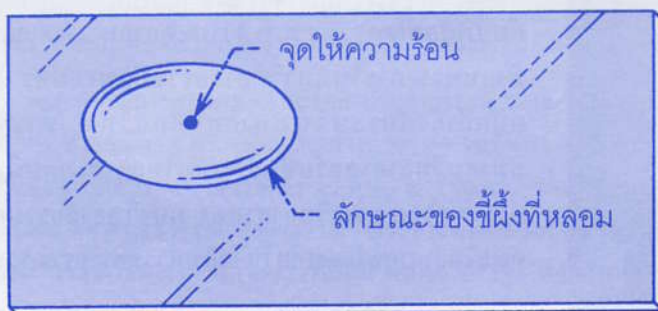
(ข)

รูปที่ 2 ภาพวาดแสดงการจัดเรียงตัวของอะตอมหรือไอออนในผลึกและชั้นส่วนสมมาตรที่เกี่ยวข้อง (ก) และลักษณะของผลึกที่เห็นจากภายนอกและชั้นส่วนสมมาตรที่เกี่ยวข้อง (ข) [2]

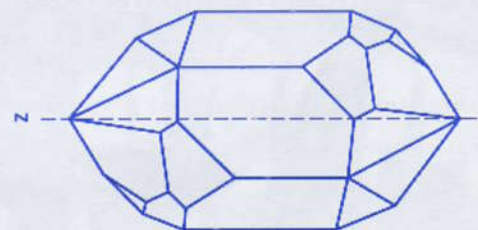
แล้วเคลื่อนแผ่นควอตซ์ด้านหนึ่ง (ในรูปคือด้านบนของแผ่น) ด้วยซี่ฝึ้ง เมื่อให้ความร้อนตรงจุดใดจุดหนึ่งทางด้านล่างของแผ่นควอตซ์ จะพบว่าซี่ฝึ้งที่หลอมจะมีลักษณะเป็นวงรีแทนที่จะเป็นวงกลม ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าการนำความร้อนของควอตซ์มีลักษณะเป็นแบบแอนไอโซทรอปี (anisotropy) นั่นคือ มีการนำความร้อน ในแต่ละทิศทางไม่เหมือนกัน และสามารถนำความร้อนได้ดีที่สุดในทิศทางขนานกับแกนยาวของวงรีนั้น จากลักษณะสมมาตรของวงรีที่เกิดขึ้น อาจจะบอกได้ว่าแผ่นควอตซ์ดังกล่าวถูกตัดออกมาจากผลึกควอตซ์ ในแนวระนาบใด จากลักษณะตัวอย่างผลึกควอตซ์ ที่แสดงในรูปที่ 3 (ข) เป็นไปได้ว่าแผ่นควอตซ์ถูกตัดออกมาจากผลึกในระนาบขนานกับแกน Z (ขนานกับหน้ากระดาษ) ในทิศตั้งฉากกับระนาบนี้มีแกนสองทบอยู่ ซึ่งก็เป็นชั้นส่วนสมมาตรที่

สังเกตได้ในวงรีของรูปที่ 3 (ก) ด้วย

นอกจากสมบัติทางความร้อนแล้ว สมบัติอื่นๆ เช่น สมบัติทางไฟฟ้าของวัสดุก็มีความเกี่ยวข้องกับ ลักษณะสมมาตรของวัสดุ นั้น ตัวอย่างคือสภาพเพียโซอิเล็กทริก (piezoelectricity) ซึ่งเป็นความเกี่ยวข้องกันระหว่างความเค้น (stress) ที่วัสดุได้รับและความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เกิดภายในตัววัสดุนั้น แต่จากการศึกษาค้นคว้าทดลองพบว่า มีเพียงวัสดุที่ไม่มีจุดศูนย์กลางการผกผันเท่านั้น ที่มีสมบัติดังกล่าว ดังนั้น จะเห็นว่าการรู้จักมองลักษณะสมมาตรของผลึก หรือการเรียงตัวของอะตอม หรือไอออนภายในผลึก สามารถให้ประโยชน์ในการพิจารณาว่าวัสดุใดที่เหมาะสมในการนำไปใช้งาน หรือโมเลกุลประเภทใด สามารถนำมาใช้สร้างวัสดุเพียโซอิเล็กทริกได้



(ก)



(ข)

รูปที่ 3 ภาพวาดแสดงการหลอมของซี่ฝึ้งที่เคลื่อนบนแผ่นควอตซ์ (ก) และลักษณะภายนอกของผลึก ควอตซ์ (ข) [2,3]

จากสิ่งที่ได้กล่าวมานี้ทั้งหมด อาจจะพอชี้ให้เห็นว่า ลักษณะสมมาตรของวัสดุใดๆนั้น สามารถบอก อะไรได้มากกว่า เพียงแค่รูปร่างที่เห็นภายนอก เพียงแต่อาจจะต้องอาศัยการสังเกต และทดลองตามขั้นตอน ของวิทยาศาสตร์ เพื่อนำไปสู่ความเข้าใจ ในโครงสร้างและสมบัติของวัสดุนั้นมากยิ่งขึ้น



เอกสารอ้างอิง

1. <http://www.educ.queensu.ca/~fmc/may2002/SymNat.htm>
2. A. Holden, *The Nature of Solids*, Dovers, New York (1992)
3. Hewlett-Packard Company, *Application Note 200-2: Fundamentals of Quartz Oscillators* (1997)

สมาคมฟิสิกส์ไทยจัดสัมมนาเชิงปฏิบัติการครั้งที่ 1



ผ่านพ้นไปอย่างประสบความสำเร็จเป็นที่น่าพอใจ สำหรับการสัมมนาเชิงปฏิบัติการครั้งที่ 1 เรื่อง “บทบาทฟิสิกส์ไทย กับฟิสิกส์โลก” เมื่อวันที่ 13-14 ตุลาคม 2548 ณ ห้องประชุม พิณเนศวร ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร โดยเป็นการ ผูกพันกันระหว่างสมาคมฟิสิกส์ไทย สาขาฟิสิกส์ของ สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยฯ สมาคมนิวเคลียร์แห่ง ประเทศไทย คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง และ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

งานนี้ได้รับความสนใจจากเพื่อนครูร่วม 150 ท่านจาก ทั่วประเทศ ต้องขอขอบคุณทุกท่านที่เกี่ยวข้องที่ร่วมแรงกันจัดงาน ที่มีเนื้อหาดีแบบนีให้ออกมามีคุณภาพเป็นที่ประทับใจทุกฝ่าย





SIAM PHYSICS CONGRESS 2006

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

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

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

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

สวัสดีปีใหม่
Happy New Year
2549 / 2006



ชื่อภาพ: สมมาตรในธรรมชาติ
 ถ่ายโดย: สมพร สิงขรัตน์



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



สีแดงจนถึงสีน้ำเงินของทองคำนาโน
 ที่มีขนาดอนุภาคของทองคำนาโนต่างกัน
 (ดูรายละเอียดที่หน้า 19)

สิ่งตีพิมพ์

หากไม่ถึงผู้รับ โปรดส่งคืน
 สมาคมฟิสิกส์ไทย