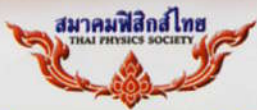
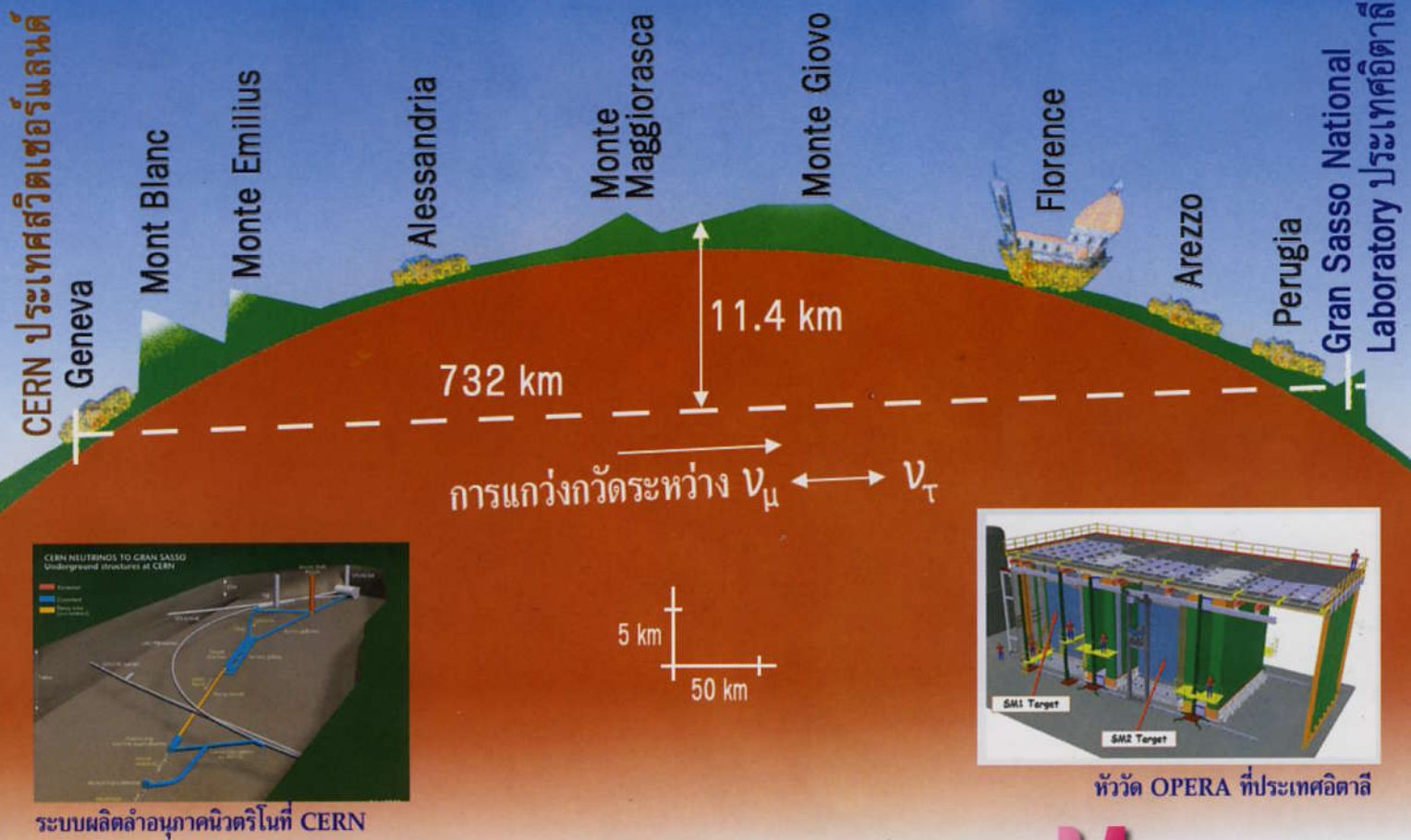




ขอจงทรงพระเจริญนิรันดร์



Thai Journal of Physics

วารสาร

วารสารสำหรับผู้ที่ยังรักและสนใจในแวดวงฟิสิกส์

ฟิสิกส์ไทย

ISSN 0857-1449

ปีที่ 24 ฉบับที่ 1 มีนาคม - พฤษภาคม 2550

Largest known Kuiper Belt objects

"Gabrielle"



Charon



"Xena"
(2003 UB313)

Pluto

2005 FY9



2003 EL61

Sedna

Quaoar



แสดงขนาดเปรียบเทียบระหว่างโลก, ดาวพลูโตและแคโรน, อีริส หรือ 2003UB313 (ในที่นี้ใช้ชื่อเดิมว่า Xena), เซดนา และ วัตถุขนาดใหญ่ในแถบไคเปอร์อื่นๆ (ภาพประกอบของบทความหน้า 24) [ที่มา: NASA, ESA, and A. Feild (STScI)]

สารบัญ

WWW.THPS.ORG

สวัสดี

- 2 : ขนาดเปรียบเทียบกับดาวพลูโต
- 3 : สวัสดี
- 4 : สรุปข่าว
- 6 : เรื่องเด่นประจำฉบับ : การแกว่งกวัดของนิวตริโน
- 10 : ขอแถมด้วยคน : มวลของนิวตริโน
- 12 : โลกชีวฟิสิกส์ : ยากำจัดมะเร็งดำรับแมงป่องผสม
กัมมันตรังสี
- 14 : ฟิสิกส์ศึกษา : ประสบการณ์จากการเข้าร่วม ALOP
workshop
- 17 : ขอแนะนำ : กลุ่มวิจัยดาราศาสตร์ มข.
- 19 : นาโนสาระ : อาหารนาโน
- 21 : ทางตำราฟิสิกส์ : เหลี่ยมเพชรเม็ดงาม
วิชาแม่เหล็กไฟฟ้า
ตอนที่ 2 – กฎของบีโอท์-ซาวาร์ต
- 24 : ดิน ฟ้า เวลา ดาว : “ดาวเคราะห์” ศัพท์เก่าที่ยามใหม่ฯ



กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ให้การสนับสนุน
ในการจัดพิมพ์วารสารฉบับนี้

เมื่อเดือนมกราคมที่เพิ่งผ่านมา ผมได้มีโอกาสเข้าไป
เกี่ยวข้อง(โดยอ้อม) กับการสัมภาษณ์เด็กนักเรียน ม.6 สาย
วิทยาศาสตร์ภาคเหนือ จึงได้ทราบว่านักเรียนส่วนใหญ่ไม่ได้ทำ
ปฏิบัติการฟิสิกส์กันหรือครับเพราะโรงเรียนต้องทุ่มเทเวลาไปกับการ
เตรียมเด็กเข้ามหาวิทยาลัย (ผู้ใหญ่อ้างว่าอย่างนั้น) เมื่อถามต่อ
ถึงตอนอยู่ ม.4, ม.5 ก็ตอบว่าทำบ้างนิดหน่อย พอเดือนถัดมาผมได้มี
โอกาสเกี่ยวข้องโดยตรงกับการนำเด็กนักเรียนมัธยมปลายภาคเหนือ
เยี่ยมชมห้อง Lab ที่ผมทำงานอยู่ผมแกล้งถามเด็ก ๆ ว่าชอบวิชาฟิสิกส์
ไหม? เสียงตอบกลับที่ผมได้ยินดังกว่า ก็คือ “ไม่ชอบค่ะ(ครับ)”
ชัดเจน ตรงไปตรงมา ไม่อ้อมี้อ้างอิง สมกับเป็นเด็กยุคใหม่จริงๆ อันที่จริง
ก็ไม่น่าแปลกใจ อาจารย์กลชาญ อนันตสมบุญณ์ ก็เคยวิเคราะห์
สาเหตุส่วนหนึ่งให้อ่านกันมาแล้ว ผมเพียงแต่อยากจะยืนยันกับ
กระทรวงศึกษาธิการว่า “เหตุการณ์ที่แนวรบด้านตะวันตกยังแ
ไม่เปลี่ยนแปลงครับเจ้านาย” พวกเราชาวฟิสิกส์ก็คงต้องช่วยกัน
คนละไม้ละมือด้วยวิธีที่ง่ายที่สุดก็คือ เขียนเผยแพร่ให้รู้กันในวงกว้าง
สิครับ ว่าฟิสิกส์นั้นมีคุณค่าและสนุกทำอย่างไร (ปัจจุบันนี้
มีคนส่งบทความให้ผมน้อยลงเรื่อยๆ สวนทางกับปัญหาที่รุนแรง
เพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ)

พบกันใหม่ฉบับหน้า : มิถุนายน 2550

กองบรรณาธิการ ชาญกิจ คันถ้อง, พรรัตน์ วัฒนกลวิวิช, ชงยุทธ เหล่าศิริถาวร, รัตติกร ยืนนิรัฐ, ศิรามาส โกมลจินดา,
สมชาย เกียรติกมลชัย, สุภาพ ฐพันธ์ หัวหน้ากองบรรณาธิการ สมศรี สิงขรัตน์ ที่ปรึกษากองบรรณาธิการ กลชาญ อนันตสมบุญณ์,
มานิต รุจิโรตม ฝ่ายภาพและออกแบบปก มิณช์ เมธิ์สุกุล, ราเชนทร์ เจริญบุญกุล เลขานุการกองบรรณาธิการ กฤติยา โอสถาพันธุ์
พิมพ์ที่ หน่วยพิมพ์เอกสาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จำนวน 2,000 เล่ม

ติดต่อกองบรรณาธิการ วารสารฟิสิกส์ไทย สมาคมฟิสิกส์ไทย ตู้ปณ.217 มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50202
โทรศัพท์ : 053-942464, 943379 โทรศัพท์: 053-222776 วารสารฟิสิกส์ไทย เป็นวารสารราย 3 เดือน มีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่
สาระ-ข่าวสาร และเป็นสื่อสัมพันธ์ในมวลหมู่สมาชิกและผู้สนใจในแวดวงฟิสิกส์ ส่งเสริมให้เกิดการแลกเปลี่ยนข้อมูลและ
ประสบการณ์เกี่ยวกับฟิสิกส์ในวงกว้างที่สร้างสรรค์ โดยความคิดเห็นและทัศนะที่ปรากฏอยู่ในบทความต่างๆ เป็นเฉพาะของผู้เขียน
แต่ละท่าน สมาคมฟิสิกส์ไทยไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป Website = www.thps.org

คณะกรรมการสมาคมฟิสิกส์ไทย ประจำปีระปี 2548-2550 ที่ปรึกษา ดร.วิโรจน์ ดันตราภรณ์, รศ.ดร.วิจิตร เล็งหะพันธ์,
ศ.ดร.วิรุฬห์ สายคณิต, ศ.ดร.สุทัศน์ ชกส้าน, ผศ.ดร.วุทธิพันธ์ ปรัชญพฤทธิ์ นายกสมาคมฯ ศ.ดร.ธีรพัฒน์ วิสัยทอง อุปนายก
รศ.ดร.พิเชษฐ ลิ้มสุวรรณ เลขานุการ ดร.คุณฤดี สุวรรณขจร รองเลขานุการ ดร.รัฐชาติ มงคลนาวัน เพรญญิก ผศ.กานดา สิงขรัตน์
นายทะเบียน ผศ.ดร.ธีรวรรณ บุญญวรรณ ประชาสัมพันธ์ ผศ.ดร.รัชภาภย์ จิตต์อารี บรรณาธิการวารสารฟิสิกส์ไทย รศ.ดร.สมศรี
สิงขรัตน์ บรรณาธิการจดหมายข่าวฟิสิกส์ ผศ.ดร.ประยูร ส่งศิริฤทธิกุล กรรมการ ประธานสาขาฟิสิกส์ สมาคมวิทยาศาสตร์
แห่งประเทศไทยฯ (ผศ.ศิลปชัย บุรณพานิช), ศ.ดร.ศุติศ เครืองาม, ผศ.ดร.ชงยศ อยู่ดี, ดร.อิทธิ ฤทธาภรณ์, รศ.ดร.จิตติ หนูแก้ว,
รศ.ดร.ชัยวิทย์ ศิลาวัณนาไนย, รศ.ดร.นิกร มังกรทอง, รศ.ดร.วีระพงษ์ แพสุวรรณ, ผศ.ดร.วิทยา อมรกิจบำรุง, รศ.ดร.พิกุล วนิชากาติ,
ผศ.รจนา ชินพิทักษ์, คุณสุธี เพชรราชู, คุณเสรี เรืองจิตฐ์, ดร.นรินทร์ กาบบัวทอง, ผศ. สุรสิงห์ ไชยคุณ, คุณวัชร ดิสสะมาน

สรุปข่าว



T. Denny Sanford

วิสัยทัศน์เศรษฐกิจของเขา

จากเรื่องเด่นประจำฉบับ (หน้า 6) เราได้รู้แล้วว่าเหมืองทองร้างชื่อ **Homestake** ที่รัฐ South Dakota ของสหรัฐอเมริกา ได้มีส่วนร่วมสร้างตำนานให้กับวงการฟิสิกส์อย่างไรบ้าง วันนี้คนที่เคยใช้สถานที่แห่งนี้ผลิตงานคุณภาพระดับรางวัลโนเบล คือ Ray Davis Jr. ก็ได้เสียชีวิตไปแล้ว (เมื่อ 31 พฤษภาคม ค.ศ. 2006) แต่ยังคงสิ้นเปลืองสูบน้ำใต้ดินออกอยู่ตลอดเวลา เจ้าของจึงคิดจะปิดเหมืองร้างนี้เสียที่

แต่โชคดีว่ามีผู้มองเห็นคุณค่าของสถานที่ประวัติศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์แห่งนี้ เขาคนนั้นคือ มหาเศรษฐี T. Denny Sanford ซึ่งประกาศอย่างเป็นทางการที่จะมอบเงิน 70 ล้านดอลลาร์ เพื่อรักษาสถานที่แห่งนี้ไว้และพัฒนาเป็นห้องวิจัยสหวิทยาการชื่อ Sanford Underground Science and Engineering โครงการวิจัยที่จะใช้ห้องวิจัยใต้ดินแห่งนี้จะไม่จำกัดอยู่แค่ฟิสิกส์ แต่จะรวมถึงปฐพีวิทยา, วิศวกรรมศาสตร์, ชีววิทยาและการศึกษาค้นคว้า

เงินบริจาคจะแบ่งออกเป็น 3 งวด กล่าวคือ งวดแรก 35 ล้านดอลลาร์ ระหว่างปี ค.ศ. 2007-2008 เพื่อพัฒนาให้เกิดห้องวิจัยมาตรฐานที่ระดับความลึก 1,480 เมตร งวดที่สอง 20 ล้านดอลลาร์ ในปี ค.ศ. 2009 เพื่อสร้างอาคารบนดินขนาดพื้นที่ 4,645 ตร. เมตร ใช้ทำเป็นศูนย์การศึกษาวิจัยเพื่อหาวิธีการใหม่ๆ ในการสอนวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ตั้งแต่ระดับชั้นประถมจนถึงมหาวิทยาลัย งวดสุดท้าย 15 ล้านดอลลาร์ จะใช้สร้างห้องวิจัยใต้ดินที่ระดับความลึก 2,256 เมตร (ดิกเอ็มไพร์สเตตสูง 443 เมตร นับถึงปลายยอดแหลม)

ใจของเศรษฐีเมืองนอกทำด้วยอะไรหนอ?



ฟาโรห์ตุตันคาเมนใช้เครื่องประดับที่ทำให้ออกกาบาต



โปรตุเกสที่หน้า 28

รูปที่ท่านผู้อ่านเห็นอยู่นี้เป็นสร้อยพระศอกที่สวมอยู่กับมัมมี่ของฟาโรห์หนุ่มตุตันคาเมน (1333-1323 ปีก่อนคริสตกาล) ที่นักโบราณคดี Howard Carter ค้นพบสุสานของพระองค์ที่เมือง Luxor เมื่อปี ค.ศ. 1922 อัญมณีเม็ดตรงกลางสีเหลืองอมเขียว (โปรตุเกสที่ปกหลัง) รูปคล้ายแมลงปีกแข็งนั้นสะกดคนหลายคนสงสัยว่าเป็นอัญมณีชนิดใด?

ในปี ค.ศ. 1999 ทีมนักธรณีวิทยาอิตาลีได้ทำการตรวจสอบทางเคมีพบว่าอัญมณีเม็ดนี้เป็นก้อนซิลิกา (SiO_2) หรือก้อนแก้วนั่นเอง แต่ย้อนหลังไปถึงเป็นพันปีก่อนคริสตกาล ชาวอียิปต์โบราณยุคนั้นยังไม่นำมีเทคโนโลยีทำแก้วสีจากทรายได้ ต่อมาได้พบว่า บริเวณหนึ่งในทะเลทรายซาฮาราที่อยู่ห่างกรุงไคโร 800 กม. ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ มีเศษแก้วแบบนี้อยู่เกลื่อนกล่นแล้วเศษแก้วพวกนี้มาอยู่แถวนี้ได้อย่างไร? นักธรณีวิทยาตั้งข้อสงสัยว่าเมื่อการเปลี่ยนทรายเป็นแก้วต้องใช้อุณหภูมิสูงมาก ตัวก่อเหตุก็น่าจะเป็นอุกกาบาตจากนอกโลก

Mark B. E. Boslough นักฟิสิกส์ประจำศูนย์วิจัยแห่งชาติ Sandia ที่รัฐนิวเม็กซิโก ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้าน Impact Physics และเคยเป็นหนึ่งในทีมที่ใช้คอมพิวเตอร์จำลองการที่ดาวหาง

สรุปข่าว



Mark B. E. Boslough

Shoemaker-Levy พุ่งชนดาวพฤหัสบดี รับอาสาใช้ซูเปอร์คอมพิวเตอร์ชื่อ Red Storm ซึ่งเร็วที่สุดในโลกเป็นอันดับสอง (ร่วมกันพัฒนาโดย Sandia กับบริษัท Cray) ทำการจำลองว่ามีรายละเอียดการเกิดอย่างไร Boslough คิดให้ตัวต้นเหตุเป็นลูกอุกกาบาตขนาดกว้าง 119 เมตร พุ่งเข้าสู่บรรยากาศของโลกด้วยอัตราเร็ว 20 กม./วินาที เมื่อเสียดสีกับบรรยากาศจะกลายเป็นลูกไฟที่ร้อนมากจนสามารถหลอมทรายเป็นแก้วได้ ซึ่งคาดว่าเหตุการณ์นี้เกิดขึ้นเมื่อ 30 ล้านปีมาแล้ว (การทดลองระเบิดปรมาณูครั้งแรกในทะเลทรายของรัฐนิวเม็กซิโกตรงจุดที่เรียกว่า Trinity site เมื่อปี ค.ศ. 1945 ก็มีก้อนแก้วสีเขียวเกิดขึ้นในทราย แต่ในอามาบรเวนท์ที่แคบกว่ากรณีของอียิปต์ ทำให้สันนิษฐานได้ว่ากาที่อุกกาบาตพุ่งเข้าชนครั้งนั้นมีอานุภาพรุนแรงกว่าระเบิดปรมาณูเป็นหมื่นเท่า)

สุดยอดมหาวิทยาลัยของปี 2006

จากการจัดอันดับ Top 100 Universities in the World 2006 ของ Times Higher Education Supplement (THES) ครั้งล่าสุดปรากฏว่ามหาวิทยาลัยฮาร์วาร์ดของสหรัฐอเมริกา ยังคงรั้งตำแหน่งมหาวิทยาลัยที่ดีที่สุดในโลกอยู่เหมือนเดิม ส่วนอันดับ 2 และ 3 เปลี่ยนเป็นมหาวิทยาลัยเคมบริดจ์และออกซ์ฟอร์ดของอังกฤษ โดยสถาบัน MIT (Massachusetts Institute of Technology) ตกจากอันดับ 2 ลงไปอยู่ที่อันดับ 4 มหาวิทยาลัยในประเทศเยอรมนีที่อยู่ “หนึ่งร้อยอันดับแรก” มีเพียง 3 แห่งเท่านั้น แต่ครั้งหน้าสถานการณ์น่าจะดีขึ้นกว่านี้ เพราะรัฐบาลเยอรมนี ได้อนุมัติงบประมาณ 1.9 พันล้านยูโรแล้ว สำหรับโครงการ 5 ปีเพื่อเร่งกระตุ้นให้เกิดมีสถาบันวิจัยที่มีคุณภาพระดับ “world – class” ขึ้นมาในประเทศมากขึ้น ยกตัวอย่างเช่น 3 มหาวิทยาลัยที่ได้รับการคัดเลือกให้เข้าร่วมโครงการนี้คือ Technical University of Munich (รั้งอันดับ 82) University of Munich (รั้งอันดับ 98) และ Karlsruhe University (ไม่ได้ติด 1 ใน 100) จะได้รับการจัดสรร

งบประมาณสนับสนุนพิเศษแห่งละ 13 ล้านยูโรต่อปี (ประมาณ 600 ล้านบาท/ปี)

ในเอเชียมี 2 มหาวิทยาลัยที่ติดอันดับ “ท็อป 100” นี้ ซึ่งล้วนเป็นของประเทศสิงคโปร์ คือ National University of Singapore (อันดับ 19) กับ Nanyang Technological University (อันดับ 61) โดย NUS ซึ่งเป็นมหาวิทยาลัยที่เด่นที่สุดของสิงคโปร์ มีอันดับดีขึ้นกว่าปี 2005 ถึง 3 อันดับขึ้นมาเทียบเท่า University of Tokyo ของญี่ปุ่นเลยทีเดียว แต่ของ NTU ตกลงไป 13 อันดับ

ปัญหาแบบแปลกๆ

ในท่ามกลางระบบสังคมที่ใหญ่โตและสลับซับซ้อนมาก อีกทั้งยังมีปัญหาความไม่สงบที่ชายแดน ฯลฯ แต่อินเดียก็ไม่เคยปล่อยให้สิ่งเหล่านี้มากระทบความมุ่งมั่นที่จะพัฒนาความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของประเทศ เช่น องค์การอวกาศของอินเดีย (ISRO = Indian Space Research Organization) มีแผนการที่จะส่งยานอวกาศไร้คนบังคับไปลงบนดวงจันทร์ให้ได้ ในปี ค.ศ. 2008 และส่งมนุษย์อวกาศขึ้นไปโคจรรอบโลกในปี ค.ศ. 2014 ตรงนี้เองที่มีปัญหาแบบแปลกๆ เกิดขึ้น กล่าวคือ ประเทศรัสเซียเรียกมนุษย์อวกาศว่า “cosmonaut” (พัฒนามาจากคำว่า cosmos) สหรัฐอเมริกาใช้คำว่า “astronaut” (พัฒนามาจากคำว่า astronomy) และประเทศล่าสุดที่ทำสำเร็จเป็นประเทศที่สาม คือจีน (เมื่อ 15 ตุลาคม ค.ศ. 2003) ก็ใช้คำว่า “taikonaut” [ไท่กั้ง (taikong) ในภาษาจีนแมนดาริน หมายถึง อวกาศ] ตามประธานาธิบดีที่กษัตริย์นิยมไม่แพ้ใครเหมือนกัน ก็อยากมีคำเฉพาะของตัวเองบ้าง ISRO เล็งไปที่คำจากภาษาสันสกฤต ซึ่งคำที่มีความหมายใกล้เคียงกับคำว่า “astronaut” มากที่สุดก็คือ คำว่า “อันทาริกษชาติรี (antarikshyatri)” โดยอันทาริกษหมายถึงที่ว่างที่อยู่เหนือโลก ส่วนชาติรีหมายถึงนักเดินทาง (ชาตราหมายถึงการเดินทาง ดังที่ทราบกันดีอยู่แล้ว) แต่คำนี้น่าจะเรียกให้น่าจดจำยาก ผู้รู้จึงแนะนำให้ลองใช้คำว่า “gaganaunt” [ในภาษาฮินดูคำว่า “กากัน(gagan)” แปลว่า ฟากฟ้า เบื้องบน]

หวังว่าก่อนถึง ค.ศ. 2020 ปีที่อินเดียตั้งเป้าไว้ว่าจะส่งคนไปเหยียบดวงจันทร์ (โครงการที่ต้องใช้งบประมาณ 1 แสนล้านรูปี หรือประมาณ 8 หมื่นล้านบาท) ชาวอินเดียคงมีคำเรียกถูกใจแล้ว (อินเดียตั้งใจจะตัดหน้าจีนก่อน 4 ปี เพราะจีนได้ประกาศไปแล้วว่าจะส่ง “taikonaut” ไปเหยียบดวงจันทร์ในปี ค.ศ. 2024)

การแกว่งกวัดของนิวตริโน

สมสร สิงขรัตน์

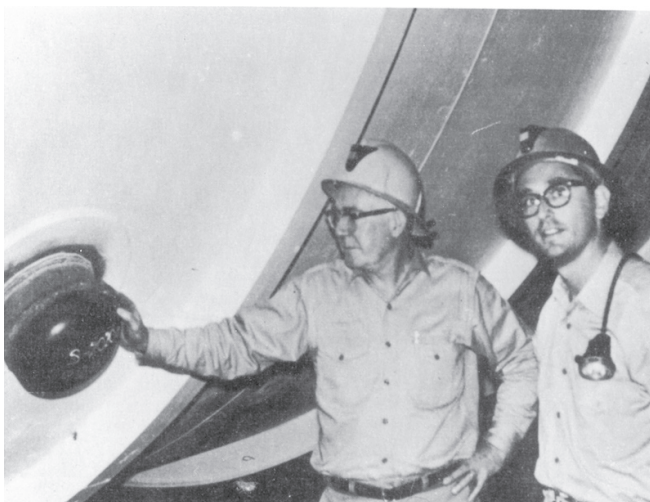
ณ วินาทีนี้ท่านผู้อ่านรู้สึกไหมครับว่ามีอนุภาคนิวตริโน 5 ล้านล้านตัววิ่งทะลุผ่านหน้าผากไป ไม่น่าเชื่อใช่ไหมครับ แต่ก็เป็นอย่างนั้นจริงๆ เพราะดวงอาทิตย์ของเราเป็นแหล่งผลิตนิวตริโนที่สำคัญ โดยเกิดออกมาจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชั่นที่หลอมรวมธาตุเบาให้เป็นธาตุหนักขึ้น สุทธิแล้วดวงอาทิตย์ปลดปล่อยอนุภาคนิวตริโนออกมาถึง 2×10^{38} ตัวต่อวินาที อยู่มาถ้านานแล้ว ปริมาณก็ไม่ได้น้อยๆ แต่กลับไม่ค่อยมีใครรู้จักกัน

อดีต

มีการเอ่ยถึงอนุภาคตัวนี้เป็นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1930 โดยเกิดจากความพยายามของนักฟิสิกส์คนหนึ่งที่จะอธิบายปฏิกิริยานิวเคลียร์ชนิดที่นิวเคลียสสลายตัวให้รังสีเบต้าซึ่งมีปัญหาที่ทำนายอยู่ในเวลานั้น เมื่อถึงที่สุดแล้วเขาก็โพล่งออกมาว่า “เพื่อให้ปฏิกิริยานี้สอดคล้องกับกฎการอนุรักษ์พลังงานซึ่งต้องเป็นจริงเสมอ การสลายตัวนี้จะต้องมีอนุภาคอีกชนิดหนึ่งเกิดขึ้นมาด้วย โดยเป็นอนุภาคที่เล็กมาก (ในภายหลังมีการคาดหมายจากทฤษฎีว่าน่าจะไม่มีมวลด้วยซ้ำ) มีสปิน $1/2$ เหมือนอิเล็กตรอน แต่ไม่มีประจุไฟฟ้าจึงตรวจวัดได้ยากมาก นักทดลองจึงไม่เคยวัดเจอเลย ถ้าเป็นเราๆ เสนอความคิดแบบนี้ คงมีคนฟังบางคนสวนขึ้นมว่า “พูดอีกก็ถูกอีก” แต่พออยู่ในครั้งนั้น คนพูดก็คือ ยอดนักฟิสิกส์ทฤษฎี

Wolfgang Pauli จึงกลับมีคนเชื่อไม่น้อย ยอดนักฟิสิกส์อัจฉริยะอย่าง Enrico Fermi ก็ยังเห็นดีเห็นงามไปด้วย แลมาในปี ค.ศ. 1933 ยังตั้งชื่อสามัญของอนุภาคนิวตริโนให้อีกด้วยว่า “นิวตริโน (neutrino)” แปลว่า “เจ้านิวตรอนน้อย” (อนุภาคนิวตรอนถูกค้นพบโดย J. Chadwick ในปี ค.ศ. 1932) และจากสิ่งที่เชื่อโดยไม่เคยเห็น Fermi สามารถนำมาผนวกรวมสร้างทฤษฎีการแผ่รังสีเบต้าและอันตรกิริยานิวเคลียร์แบบอ่อนได้สำเร็จอย่างถูกต้องสวยงาม แม้จนถึงวันที่ต้องละสังขาร เมื่อ 28 พฤศจิกายน ค.ศ. 1954 ก็ยังไม่มีโอกาสได้พบปะตัวจริง

จนล่วงมาถึงปี ค.ศ. 1956 สองนักฟิสิกส์หนุ่มอเมริกัน Frederick Reines กับ Clyde Cowan ก็ประสบความสำเร็จในการตรวจจับอนุภาคนิวตริโนที่ถูกปล่อยออกมาจากเตาปฏิกรณ์นิวเคลียร์ของ Savannah River Nuclear Plant ที่ South Carolina ก่อนหน้านั้นเพื่อนๆ เคยล้อทั้งสองคนว่ากำลังพยายามจะจับผีหรือ? (ด้วยผลงานนี้ Reines จึงได้รับรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ในปี ค.ศ. 1995 โดย Cowan เสียชีวิตไปก่อนแล้ว 21 ปี) ถึงปี ค.ศ. 1962 ก็เกิดมีข้อมูลที่สำคัญแล้วว่า มีอนุภาคนิวตริโนอยู่ 2 ชนิด คือ electron-neutrino (ν_e : คือที่เกิดออกมาจากดวงอาทิตย์และเป็นที่ Reines กับ Cowan พบ) และ muon-neutrino (ν_μ : พบเมื่อปี ค.ศ. 1962



รูปที่ 1 สองสิงห์สุริยะนิวตริโน (ซ้าย) Davis กับ Bahcall เมื่อประมาณปี ค.ศ. 1966 กับหัววัดใต้ดินที่เหมือง Homestake mine และ(ขวา) เมื่อปี ค.ศ. 1995 ตอนไปรับรางวัล Tinsley Prize (Davis) กับ Heineman Prize (Bahcall) จาก American Astronomical Society.

เรื่องเด่นประจำฉบับ

โดยใช้เครื่องเร่งอนุภาค AGS ของ BNL ซึ่งตอนนั้นเป็นเครื่องเร่งอนุภาคที่ทรงพลังที่สุดในโลก ผลงานนี้ทำให้ L. Lederman, M. Schwartz และ J. Steinberger ได้รับรางวัลโนเบลในปี ค.ศ. 1988)

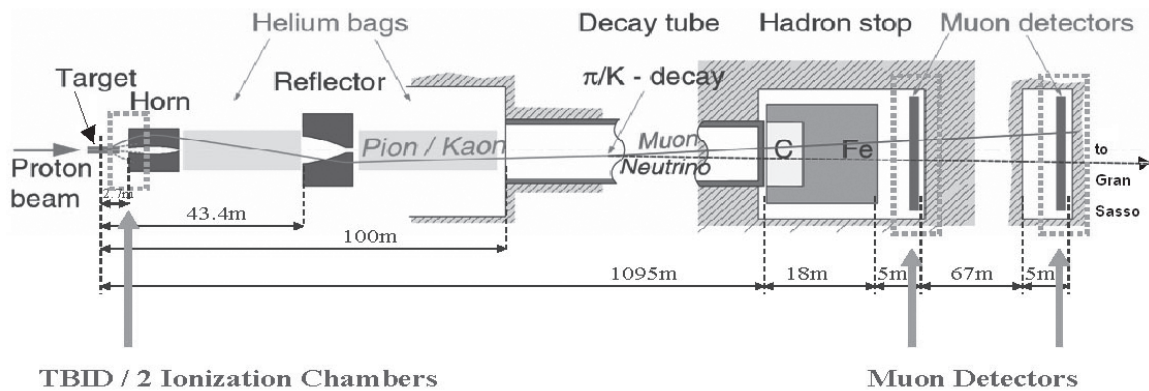
แต่มีการทดลองหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มชีวิตชีวาให้แก่วงการเป็นอย่างมากและได้กลายเป็นตำนานไปแล้ว ซึ่งเริ่มต้นเพียงจากความอยากรู้อยากเห็นของนักเคมีอเมริกันคนหนึ่ง ผู้มีนามว่า Raymond Davis Jr. โดยในปี ค.ศ. 1948 เมื่อเริ่มเข้าไปทำงานกับศูนย์วิจัยใหม่ Brookhaven National Laboratory (BNL) ได้เข้าไปถามหัวหน้าแผนกเคมีว่า “จะให้ผมทำอะไร” เจ้านายกลับตอบว่า “อยากทำอะไรก็คิดเอาเองเถอะ” ซึ่ง Davis ชอบมาก แล้วเข้าไปขลุกอยู่ในห้องสมุดฟิสิกส์ใหญ่ ในที่สุด Davis ก็ตัดสินใจได้ว่าจะทำวิจัยเรื่องอนุภาคนิวตริโน เพราะยังมีปัญหาที่น่าสนใจรอคอยท้าทายความสามารถอยู่เยอะมาก (Davis เคยพูดไว้ตอนหลังว่า “The interesting thing about doing new experiments is that you never know what answer is going to be.”) และวิธีตรวจจับอนุภาคนิวตริโนวิธีหนึ่งก็สอดคล้องกับภูมิหลังของนักเคมีอย่าง Davis เป็นอย่างดี กล่าวคือ ในปี ค.ศ. 1946 นักฟิสิกส์ชาวอิตาลี Bruno Pontecorvo (แต่อพยพไปอาศัยอยู่ในประเทศโซเวียตรัสเซีย) เคยเสนอไว้ว่าเมื่ออนุภาคนิวตริโนวิ่งชนคลอรีน ผลพวงที่จะเกิดขึ้นคือ อิเล็กตรอนกับไอโซโทปกัมมันตรังสีอาร์กอน-37 ซึ่งในสาขาของนักเคมีอย่าง Davis การแยกอาร์กอนออกมาจากสารละลายคลอรีนไม่ใช่เรื่องยาก Davis ได้พัฒนาเทคนิควัดอนุภาคนิวตริโนแบบนี้ที่ BNL ด้วยตัวเองจนสำเร็จ แล้วนำไปทำห้ววัดเพื่อวัดอนุภาคนิวตริโนจากดวงอาทิตย์ โดยส่วนสำคัญของห้ววัดเป็นถังสารละลาย Perchloroethylene (C_2Cl_4) ขนาด 100,000 แกลลอน (มวล 610 ตัน) อยู่ใต้ดินลึก 1,480 เมตร ในเหมืองทอง ชื่อ Homestake mine ในรัฐ South Dakota สหรัฐอเมริกา (ดูที่หน้า 4 เพิ่มเติม)

ในเวลาไล่เลี่ยกันนั้นก็มีนักดาราศาสตร์ฟิสิกส์ทฤษฎีหนุ่มอีกคนชื่อ John Bahcall ทำงานวิจัยอยู่ที่สถาบันเดียวกับที่ไอน์สไตน์เคยอยู่คือ Institute of Advanced Study มหาวิทยาลัยพรินซ์ตัน ได้สร้างทฤษฎีแบบจำลองของดวงอาทิตย์ขึ้นมา (Standard Solar Model, SSM) ซึ่งสามารถใช้คำนวณจำนวนอนุภาคนิวตริโนที่ดวงอาทิตย์ปลดปล่อยออกมาได้ด้วย ทั้ง Davis และ Bahcall ร่วมมือกัน (รูปที่ 1) แต่ผลการวัดของ Davis ในปี ค.ศ. 1968 ได้้อัฒานิวตริโนต่ำกว่าจำนวนที่ Bahcall ทำนายไว้ถึงประมาณ 3 เท่า เป็นความแตกต่างที่มากเกินไปจนยอมรับว่าเป็น

ความคลาดเคลื่อนของการทดลอง เรียกความไม่ลงรอยนี้กันว่า “Solar Neutrino Anomaly” บางคนก็วิจารณ์ว่าห้ววัดไม่ดีพอแต่อีกฝ่ายก็ว่าทฤษฎี SSM ไม่สมบูรณ์พอ หรือเราขังรังสีอนุภาคนิวตริโนไม่ดีพอ? ต่อปัญหา solar neutrino anomaly นี้ Pontecorvo ได้เสนอความเห็นไว้ว่า electron – neutrino อาจเปลี่ยนเป็น muon-neutrino ก็ได้ ซึ่งถ้าปรากฏการณ์นี้เกิดขึ้นได้ อนุภาคนิวตริโนต้องมีมวลไม่น้อยกว่าอิเล็กตรอนมาก [ในตอนนั้นยังไม่ได้ค้นพบอนุภาค tau-neutrino (ν_τ) ซึ่งถูกค้นพบจากการทดลองในปี ค.ศ. 2000]

อย่างไรก็ตามความน่าสนใจของปัญหาได้ทำให้เกิดห้ววัดนิวตริโนขนาดใหญ่ยักษ์ตามมาอีกหลายแห่ง เช่น Super-Kamiokande ของญี่ปุ่นร่วมกับสหรัฐอเมริกาที่มีความสูงขนาดตึก 10 ชั้น บรรจุเต็มด้วยน้ำบริสุทธิ์มวล 50,000 ตัน อยู่ใต้ดินลึก 2,700 เมตรที่เหมือง Kamioka Mozumi ห่างกรุงโตเกียวประมาณ 200 กม. หรือ Sudbury Neutrino Observatory (SNO) ของแคนาดา ร่วมกับสหรัฐอเมริกาและอังกฤษที่ห้ววัดเป็นลูกกลมขนาดใหญ่ เส้นผ่าศูนย์กลาง 12 เมตร บรรจุภายในด้วย heavy water (ต้องใช้ในปริมาณมากจนต้องขอยืมมาจากรัฐบาลแคนาดา) อยู่ใต้ดินลึก 2,000 เมตร ในเหมืองทองแดง-นิกเกิลที่เมืองออนตาริโอ ประเทศแคนาดา ฯลฯ หลักการอย่างย่อๆ ก็คือ เมื่อมี ν_e ชนกับนิวตรอนในนิวเคลียสของดิวทีเรียม ของ heavy water (D_2O) ก็จะปลดปล่อยอิเล็กตรอนพลังงานสูงระดับสัมพัทธภาพที่จะเปล่งรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าเป็น shock wave ที่เรียกว่า Cerenkov radiation ซึ่งจะถูกจับได้โดยห้ววัดแสงที่ไวมาก ที่ติดตั้งอยู่รอบๆ และจากผลการทดลองของห้ววัดใหม่ๆ เหล่านี้เองที่เผยแพร่ออกมาแถวๆ ปี ค.ศ. 2001 ที่ยืนยันความถูกต้องแล้วของทั้งผลการทดลองของ Davis และผลการคำนวณของ Bahcall และนั่นแปลว่าการคาดการณ์ของ Pontecorvo ก็ถูกต้องด้วย นิวตริโนทั้ง 3 ชนิด (3 flavor) คือ ν_e , ν_μ และ ν_τ สามารถ “แกว่งกวัด (oscillation)” ระหว่างกันได้ ดังนั้นการที่ห้ววัดของ Davis วัดได้น้อยก็เพราะว่า electron-neutrino ที่เกิดออกมาจากดวงอาทิตย์ เมื่อวิ่งมาถึงโลกมีบางส่วนได้เปลี่ยนเป็นนิวตริโนชนิดอื่น แต่ห้ววัดของ Davis สร้างมาให้ใช้ได้กับ electron-neutrino เท่านั้น จึงย่อมวัดได้น้อยกว่าที่ Bahcall คำนวณไว้ จากผลการยืนยันนี้เองที่ทำให้ Davis ได้รับรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ในปี ค.ศ. 2002 ซึ่งนั่นดูเหมือนว่าต้องใช้เวลาถึงกว่า 30 ปีในการพิสูจน์คุณค่าและความถูกต้องของผลงาน

เรื่องเด่นประจำฉบับ



รูปที่ 2 แผนภาพแสดงขั้นตอนการผลิตฟลักซ์อนุภาค muon-neutrino ที่ศูนย์วิจัย CERN แนวท่อของส่วนนี้ห้ามพลัดเป้าที่อิตาลีเกิน 4 เมตร (จาก CERN Courier, November 2006, หน้า 20)

ปัจจุบันและอนาคต

แต่การทดลองทั้งหลายที่ผ่านมายังไม่สามารถบอกได้ว่า นิวตริโนชนิดใดแกว่งกวัดสลับกับชนิดใด? นิวตริโนกับปฏินิวตริโน แกว่งกวัดเหมือนกันหรือไม่? ฯลฯ นักฟิสิกส์จึงต้องหาทาง พิสูจน์ทราบต่อไป

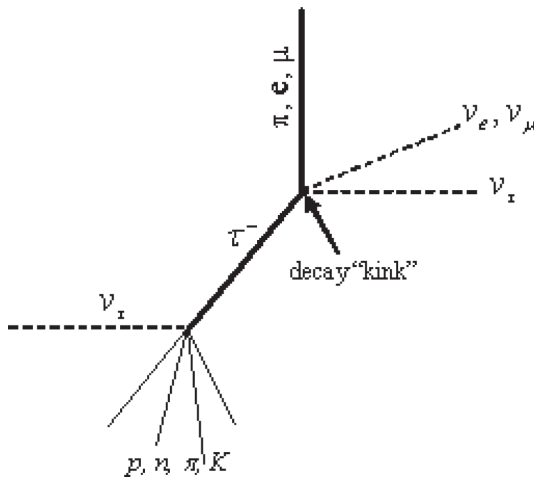
ระบบการทดลองใหม่ที่รุดหน้าไปได้ไกลมากที่สุด ณ ขณะนี้ เป็นของโครงการ “CERN Neutrinos to Gran Sasso (CNGS)” ซึ่งเป็นโครงการนานาชาติที่สหภาพยุโรปเป็นแกนหลัก เป็นโครงการที่ต้องใช้งบประมาณไม่ต่ำกว่า 110 ล้านยูโร มี เป้าหมายสูงสุดอยู่ที่การเจาะพิสูจน์ทราบการแกว่งกวัดระหว่าง muon-neutrino กับ tau-neutrino โดยลักษณะการทดลองที่ออกแบบ มาเป็นการเฉพาะที่เห็นแล้วอดที่จะไม่ได้ว่า “พวกฝรั่งนี่คิดได้ยังไง!” และ “ทำไมจึงกล้าลงทุนกันขนาดนี้ !”

โดยขั้นแรกนั้น ฟลักซ์อนุภาค muon-neutrino จะถูกผลิตขึ้น ที่ศูนย์วิจัย CERN ของยุโรป ซึ่งอยู่ใกล้กรุงเจนีวา ประเทศ สวิตเซอร์แลนด์ ดังแสดงในรูปบนปกหน้า ระบบผลิตจะอยู่ใต้ดิน ลึกประมาณ 80 เมตร เครื่องเร่งอนุภาค Super Proton Synchrotron (SPS) จะเร่งลำอนุภาคโปรตอนให้มีพลังงาน 400 GeV ($=400 \times 10^9$ eV) ยิงใส่เป้า (target) ที่เป็นก้อนกราไฟต์ (ดูแผนภาพในรูปที่ 2) ซึ่ง จะทำให้เกิดอนุภาคอื่นๆ อีกหลายชนิดรวมถึงอนุภาค pion (π^+) กับ kaon (K^+) ด้วย อนุภาคทั้งหลายจะพุ่งผ่านระบบเลนส์ แม่เหล็ก (horn กับ reflector) เพื่อคัดสรรและโฟกัสให้เป็นลำและ เียงเป็นมุมก้มที่เหมาะสมเพื่อเล็งตรงไปยังหัววัดขนาดใหญ่ ใต้ภูเขา Gran Sasso ทางตอนกลางของประเทศอิตาลี ที่อยู่ห่างกัน 732 กิโลเมตร (ประมาณระยะทางเชียงใหม่-กรุงเทพฯ) จากรบบเลนส์

ลำอนุภาค pion กับ kaon จะวิ่งไปในท่อ decay tube ซึ่งเป็นท่อ สูญญากาศ เส้นผ่าศูนย์กลาง 2.45 เมตร ยาวประมาณ 1 กิโลเมตร ภายในระยะทางช่วงนี้ pion กับ kaon บางส่วนจะสลายตัวกลายเป็น อนุภาค muon กับอนุภาค muon-neutrino กลุ่มอนุภาคที่ออกจาก ท่อนี้ได้จะต้องวิ่งไปพบกับก้อนกราไฟต์กับก้อนเหล็ก (hadron stop) ที่ขวางทางอยู่ อนุภาคส่วนใหญ่จะมาตายที่นี้ แต่ muon กับ muon-neutrino จะไปได้ต่อโดยจะมีหัววัดอนุภาค muon อยู่ 2 จุด เพื่อใช้ตรวจสอบการทำงานของระบบ เลขจากนี้ไปก็เป็นเนินดินและ หินล้วนๆ อีก 700 กว่ากิโลเมตร แต่อนุภาค muon จะทะลุลงฝ่า ไปได้ไม่เกิน 500 เมตร ก็จะ ถูกเปลือกโลกดูดกลืนไว้หมด เหลือ แต่ muon-neutrino พลังงาน 10-25 GeV ที่ไม่รู้ร้อนรู้หนาวใดๆ ยังคงหือตะบึงต่อไป เพราะมีอันตรกิริยากับสิ่งต่างๆ น้อยมาก และ นี่ก็คือเหตุผลที่ว่าทำไมถึงต้องเล็งเป้าให้ตรงตั้งแต่ต้นตั้งแต่ตอน นิวตริโนเกิด เพราะหลังจากนั้นจะแทบไม่มีอะไรมาทำให้เลี้ยวได้ อีก ใช้เวลาเดินทางระยะ 732 กม. เพียง 2.5 มิลลิวินาทีประมาณ เดียวกับแสง ระบบส่วนนี้ใช้เวลาสร้างทั้งสิ้นประมาณ 6 ปี คือ ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2000 และเพิ่งเสร็จเมื่อปีที่แล้ว ลี้นงบประมาณไป ทั้งสิ้น 57 ล้านดอลลาร์สหรัฐ

ส่วนปลายทางที่ศูนย์วิจัยแห่งชาติ Gran Sasso ของอิตาลี ซึ่งอยู่ห่างกรุงโรม 120 กม. จะมีหัววัดที่เรียกชื่อว่า OPERA (Oscillation Project with Emulsion-tRacking Apparatus) มีมวล 1,800 ตัน สูงกว่าคนประมาณ 5 เท่า (ดูรูปที่ปกหน้า) สร้างอยู่ใน อุโมงค์คู่อุโมงค์ทางหลวงลอดผ่านภูเขา Gran Sasso ที่เชื่อม ระหว่างเมือง L'Aquila กับ Teramo เพื่อให้หินภูเขาหนา 1,400 เมตร ช่วยบรรเทาเบาบางการรบกวนของรังสีคอสมิกต่อหัววัดนี้

เรื่องเด่นประจำฉบับ



รูปที่ 3 แผนภาพ “รอยเท้า” ของอนุภาค tau-neutrino (ν_τ) ที่นักฟิสิกส์จะต้องเข้มนหาใน ห้ววัด OPERA เหมือนมองหาเข็มในกองฟาง

หัววัดนี้ถูกออกแบบให้วัดอนุภาค tau-neutrino ได้ด้วย แต่ไม่ใช่เป็นการวัดโดยตรง มันมีความยุ่งยากมากกว่านั้น กล่าวคือ เมื่ออนุภาค tau-neutrino ชนถูกแผ่นตะกั่วในหัววัด (คือส่วน SM1 กับ SM2 Target ในรูปที่ปกหน้าซึ่งทำเป็นเหมือนขนมชั้นที่แผ่นตะกั่วหนา 1 มม.ถูกวางเรียงสลับกับแผ่นฟิล์มหนา 1/4 มม.เป็นดับ) จะเกิดอนุภาค tau-lepton (τ^-) ขึ้น ซึ่งวิ่งไปไม่ถึง 1 มม. ก็จะสลายตัวโดยมีรอยทางดังแสดงในรูปที่ 3 ถ้ามีเกิดขึ้นจริง ร่องรอยนี้จะถูกบันทึกอยู่ในแผ่นฟิล์ม (จะต้องเอามารวมกันเพื่อสร้างเป็นภาพทีหลัง) หรือพูดอีกอย่างว่า ถ้าเห็นรูปรอยทางนี้ ก็แปลว่าวัดอนุภาค tau-neutrino ได้แล้ว หัววัด OPERA นี้ใช้เวลาสร้างทั้งสิ้น 3 ปี นั่นคือเริ่มลงมือสร้างในปี ค.ศ. 2003 สิ้นงบประมาณไปทั้งสิ้น 76 ล้านดอลลาร์

เมื่อวันที่ 18 สิงหาคม 2006 หัววัด OPERA ตรวจวัดอนุภาคนิวตริโนที่ยิงมาจาก CERN ได้เป็นครั้งแรก เป็นสัญญาณดีที่บอกว่าระบบทุกส่วนร่วมกันทำงานได้อย่างสมบูรณ์ นับจากนี้ไปก็ต้องก้มหน้าก้มตาทำการทดลองอีก 5 ปี ที่ต้องใช้เวลานานขนาดนี้ในการเก็บข้อมูล ก็เพราะนักฟิสิกส์ประเมินไว้ว่าในจำนวนอนุภาค muon-neutrino 10^{18} ตัว จาก CERN ที่ทะลุทะลวงมาถึงหัววัด OPERA ในแต่ละปี จะมีเพียงประมาณ 2,500 ตัวที่จะเกิดอันตรกิริยากับมวลสารของหัววัด โดยในประดานี้จะมีในเรือน 10 ตัว เท่านั้นที่เป็น tau-neutrino ที่เกิดจากการแกว่งกวัดเป็นอีกสิ่งหนึ่งที่เราจะรอลุ้นด้วยใจจดจ่อ

ที่กล่าวมาเป็นเพียง 1 ตัวอย่างเท่านั้น ในอนาคตยังจะมีโครงการขนาดใหญ่คล้ายกันนี้เกิดขึ้นอีกอย่างน้อย 2 แห่ง คือ

โครงการ T2K (Tokai to Kamioka) ที่ประเทศญี่ปุ่น (มูลค่าโครงการประมาณ 1.6 หมื่นล้านเยนหรือ 160 ล้านดอลลาร์) และโครงการ NOvA ที่สหรัฐอเมริกา (มูลค่าโครงการประมาณ 197 ล้านดอลลาร์) จะเห็นได้ว่าโครงการวิจัยเหล่านี้ต้องใช้งบประมาณสูงมาก มีนักฟิสิกส์ของประเทศใดบ้างที่มีสิทธิอนุมัติงบประมาณสูงขนาดนี้ จึงย่อมต้องได้รับการสนับสนุนเป็นอย่างดีจากรัฐบาลกับรัฐสภาของประเทศที่เกี่ยวข้อง มีนักการเมืองของประเทศเหล่านี้ที่คุ้นกันที่สนใจว่าอนุภาคนิวตริโนจะมีมวลเท่าใดหรือมวล (mass) เกิดมีขึ้นมาได้อย่างไร หรือทำไมปัจจุบันจึงมีปฏิสสารน้อยกว่าสาร

แต่โครงการยากและท้าทายทำนองนี้เท่านั้นมิใช่หรือที่เร่งโอกาสเกิดนักวิทยาศาสตร์และวิศวกรเก่งๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ไม่ใช่รอให้เกิดแบบตามยถากรรม) โครงการทำนองนี้ไม่ใช่หรือที่ทำให้เกิดการพัฒนาต่อยอดและส่งทอดความรู้จากรุ่นสู่รุ่นอย่างเป็นระบบ โครงการทำนองนี้มีใช่หรือที่มีโอกาสเกิดนวัตกรรมและเทคโนโลยีใหม่ๆ ซึ่งในที่สุดสามารถนำเงินตราเข้าประเทศและทำให้ชีวิตความเป็นอยู่ดีขึ้นแบบพึ่งพาตนเองได้ โครงการทำนองนี้มีใช่หรือที่ทำให้คนเรียนฟิสิกส์มองเห็น career path ที่ชัดเจนและตรงมากที่สุด

อย่าโยนภาระหน้าที่สร้าง career path ให้แก่นักคิด/นักศึกษว่าเป็นของครูบาอาจารย์ฟิสิกส์เท่านั้น ประเทศได้หัววันหรือเกาหลีได้ประสบความสำเร็จอย่างทุกวันนี้ ด้วยแนวคิดไร้เดียงสาแบบนี้หรือ?



"QUARKS, NEUTRINOS, MESONS. ALL THOSE DAMN PARTICLES YOU CAN'T SEE. THAT'S WHAT DROVE ME TO DRINK. BUT NOW I CAN SEE THEM."

มวลของนิวตริโน

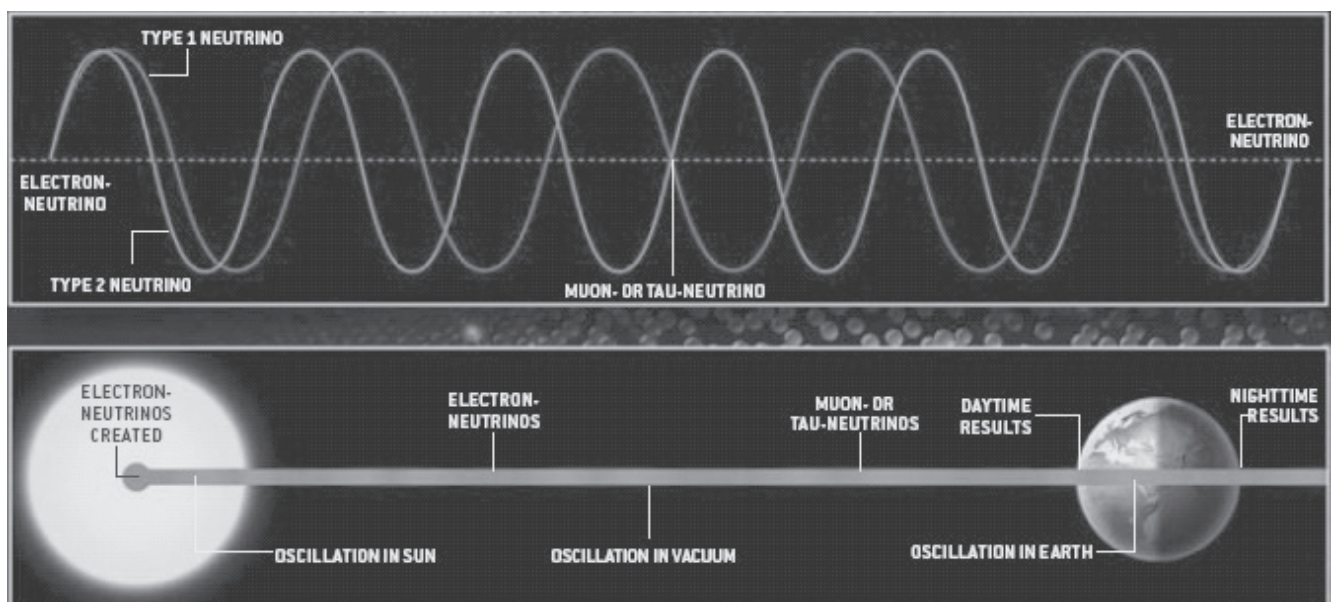
ชาญกิจ กันฉ่อง

แบบจำลองมาตรฐาน (standard model) เป็นทฤษฎีว่าด้วยอนุภาคมูลฐาน และ อันตรกิริยาพื้นฐาน 3 ชนิด คือ แม่เหล็กไฟฟ้า, นิวเคลียร์แบบอ่อน, และนิวเคลียร์แบบเข้ม ในธรรมชาติ ทฤษฎีนี้ได้จากหลักสมมาตรของอวกาศ-เวลา และสมมาตรเกจ (gauge symmetry) อย่างสวยงาม และได้รับการยืนยันจากการทดลองอย่างแม่นยำ แต่ในปัจจุบันนักฟิสิกส์ได้ค้นพบปรากฏการณ์จำนวนหนึ่งทั้งในระดับอนุภาคมูลฐานและระดับเอกภพวิทยาที่แบบจำลองมาตรฐานไม่สามารถอธิบายได้ จึงจำเป็นต้องสร้างทฤษฎีพื้นฐานที่เหนือกว่าแบบจำลองมาตรฐาน (beyond standard model) ปรากฏการณ์หนึ่งในนั้น คือ การแกว่งกวัดของนิวตริโน (neutrino oscillation)

ตามแบบจำลองมาตรฐาน [1] นิวตริโนเป็นอนุภาคสปิน $\frac{1}{2}$, เป็นกลางทางไฟฟ้า, และมี 3 ชนิด คือ อิเล็กตรอน-นิวตริโน (ν_e), มิวออน-นิวตริโน (ν_μ), และ เทา-นิวตริโน (ν_τ) ซึ่งชนิดของนิวตริโนเป็นสถานะควอนตัมที่เรียกว่า flavours โดยแต่ละชนิดมีปฏิยานิวตริโน (antineutrino) คู่กัน นิวตริโนและปฏิยานิวตริโนมีอันตรกิริยาได้แต่อันตรกิริยานิวเคลียร์แบบอ่อนซึ่งมีอนุภาคลูกกลาง คือ W และ Z bosons เช่น ปรากฏการณ์การสลายให้รังสีเบต้าของนิวเคลียสที่ให้ปฏิ-อิเล็กตรอนนิวตริโน ($\bar{\nu}_e$) จากการ

ทดลองพบว่า [1] นิวตริโนมีแต่สถานะสปินแบบมือซ้าย (left-handed) คือ มีทิศสปินตรงข้ามกับทิศการเคลื่อนที่เสมอ กล่าวคือ ไม่มีผู้สังเกตใดที่สามารถเคลื่อนที่เร็วกว่านิวตริโนจนกระทั่งวิ่งแซงนิวตริโนให้เห็นทิศการเคลื่อนที่ตรงกันข้าม ทำให้เห็นนิวตริโนกลับเป็นแบบมือขวา (right-handed) ได้ แม้ว่าผู้สังเกตจะเคลื่อนที่เร็วเท่าแสงก็ตาม ดังนั้นโดยทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ นิวตริโนมีอัตราเร็วเท่าแสง และไม่มีมวล

จากการทดลองพบว่า [2, และดู “การแกว่งกวัดของนิวตริโน” ที่หน้า 6] เมื่อนิวตริโนแผ่ (propagate) อย่างอิสระในอวกาศสามารถเปลี่ยนชนิดได้เอง เช่น ν_e ที่กำเนิดจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ในดวงอาทิตย์เมื่อเดินทางสามารถเปลี่ยนเป็น ν_μ หรือ ν_τ ได้เอง และเมื่อเคลื่อนที่ในระยะทางมากพอก็กลับไปเป็น ν_e ซึ่งเรียกว่าการแกว่งกวัดของนิวตริโน อธิบายได้ว่า [3] นิวตริโนต้องมีมวล โดยมีหลายสถานะควอนตัมของมวล (ν_1, ν_2, ν_3) ที่มีมวลไม่เท่ากัน (m_1, m_2, m_3) และไม่ตรงกับสถานะ flavours ที่เดียว เช่น ν_e มีสถานะของมวลแบบ ν_1 และ ν_2 ซ้อนทับ (superpose) กัน แต่ละ ν_1, ν_2 มีความยาวคลื่นเดอบรอยล์ต่างกัน เมื่อเดินทางในอวกาศคลื่นเดอบรอยล์ของสถานะมวลทั้งสองก็จะซ้อนทับกันใหม่ในลักษณะที่เกิด ν_μ หรือ ν_τ ขึ้นมาได้ (ดูรูปที่ 1 [2]) จากปรากฏการณ์



รูปที่ 1 แผนภาพแสดงการแกว่งกวัดของนิวตริโนจากดวงอาทิตย์ในขณะเดินทางมายังโลก [2]

ขอแถมด้วยคน

แกว่งกวัดของนิวตริโนและการทดลองในบางปฏิกิริยานิวเคลียร์ ทำให้วัดได้ค่าขอบเขตที่เป็นไปได้ของมวลนิวตริโน โดยพบว่าค่าขอบเขตบนน้อยกว่าค่ามวลอิเล็กตรอนมาก [1,3]

เมื่อนิวตริโนมีมวลก็ไม่ตรงกับแบบจำลองมาตรฐาน ทำให้ต้องปรับปรุงแบบจำลองมาตรฐานใหม่ โดยต้องเพิ่มกลไกที่ทำให้มวลของนิวตริโนน้อยมาๆ สอดคล้องกับการทดลอง แนวคิดหนึ่งที่สำคัญคือ seesaw mechanism [1] เริ่มจากมองว่านิวตริโนกับปฏินิวตริโนเป็นอนุภาคเดียวกัน (ในทำนองเดียวกับโฟตอน) และนิวตริโนมีอันตรกิริยากับอนุภาค Higgs จะได้มวลและให้นิวตริโนมีมวล ซึ่งกลไกที่ทำให้มวลนิวตริโนมีค่าน้อยคือการให้นิวตริโนมีมวลที่มากกว่าควาร์กมากๆ ซึ่งจะปรากฏอยู่ในห้วงเวลาแคบมากๆ ตามหลักความไม่แน่นอนของไฮเซนเบิร์กแล้วค่อยทำอันตรกิริยากับอนุภาค Higgs กลับมาเป็นนิวตริโนมีมวลที่ปรากฏออกมาเกือบตลอดเวลา

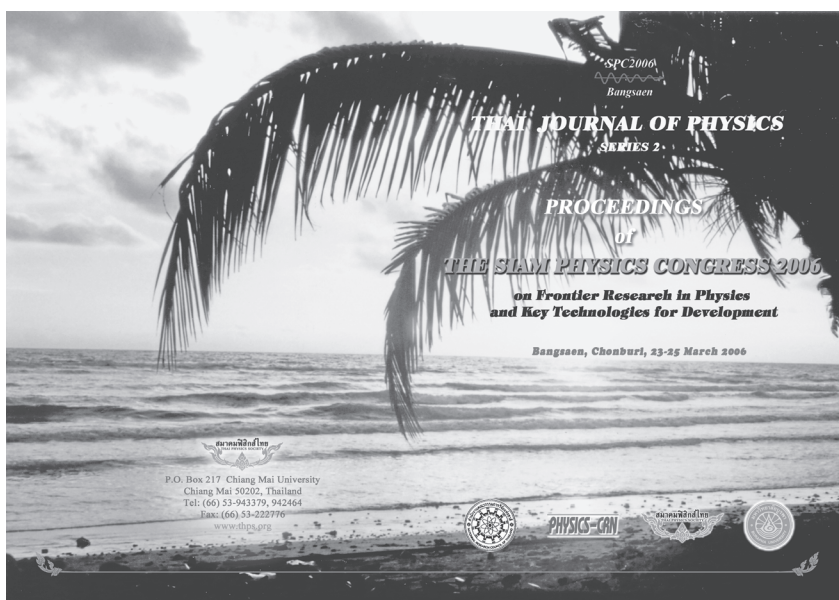
ตามแบบจำลองมาตรฐาน อนุภาคและปฏิอนุภาคมีสมมาตรมาก ทำให้เอกภพยุคต้นมีอนุภาคและปฏิอนุภาคพอๆ กัน นิวตริโนมีมวลให้อีกกลไกหนึ่งที่ทำลายความสมมาตรนี้ และให้กลไกหนึ่งในการวิวัฒนาการของสสารในเอกภพที่ทำให้สสารโดดเด่นกว่าปฏิสสารดังที่สังเกตได้ในปัจจุบัน [1] นอกจากนี้จากการวัดได้ค่าขอบเขตที่เป็นไปได้ของมวลนิวตริโนทำให้ทราบว่านิวตริโนมีความหนาแน่นพลังงานเป็น 0.1-4% ของความหนาแน่น

พลังงานในเอกภพ [3] ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ สสารมืด (dark matters) ที่มีความหนาแน่นพลังงานถึง 23% ของเอกภพ สสารมืดจำเป็นต้องการอธิบายสภาพเอกภพในปัจจุบัน แต่ยังไม่ทราบแน่ชัดว่าสสารมืดนอกเหนือจากที่เป็นนิวตริโนเป็นสสารอะไร

ฟิสิกส์ของนิวตริโนเปิด “อีกหน้าต่าง” ของวิชาดาราศาสตร์ฟิสิกส์ (Astrophysics) [2,3] ปฏิกิริยานิวเคลียร์ซึ่งเป็นกลไกสำคัญของการปลดปล่อยพลังงานของวัตถุทางดาราศาสตร์ (astrophysical objects) จะปลดปล่อยนิวตริโนออกมา นิวตริโนที่ปลดปล่อยออกมาทำอันตรกิริยากับอนุภาคอื่นน้อยมาๆ จึงถูกรบกวนน้อยมาๆ ทำให้สามารถใช้เป็นเครื่องตรวจวัด (probe) ในการศึกษาการปลดปล่อยพลังงานของวัตถุทางดาราศาสตร์ เช่น ปฏิกิริยานิวเคลียร์ในแกนกลางดวงอาทิตย์

กิตติกรรมประกาศ: ขอขอบคุณ คุณวรินทร์ ศรีทะวงศ์ และคุณธิญา ทองกุล ที่ช่วยแก้ไขและตรวจสอบประเด็นในบทความเอกสารอ้างอิง

- [1] H. Murayama, “The Origin of Neutrino Mass,” *Physics World*, Vol.15, No.5, May 2002.
- [2] A. B. McDonald, J. R. Klein, and D. L. Walk, “Solving the Solar Neutrino Problem,” *Scientific American* Vol.15, No.3, 2005.
- [3] L. Oberauer and C. Hagner, “Neutrino Physics,” *AAPPS Bulletin*, Vol.15, No.5, October 2005.



คลอดแล้วจ้า! วารสารฟิสิกส์ไทยฉบับพิเศษ (ภาษาอังกฤษ)

ยากำจัดมะเร็งดำรับเนบปองผสมกับมันตรังสี

กานดา สิงขรัตน์

เอาอีกแล้วค่ะ คุณๆฯฯ มีเรื่องประหลาดลึกลับที่เกี่ยวกับประเทศรัสเซียเป็นข่าวหน้าหนึ่งขึ้นมาอีกแล้ว ทำเอาวงการนิวเคลียร์ทั่วโลกส่ายหน้าด้วยความอดทนระอาใจอีกครั้ง ตอนเกิดอุบัติเหตุที่โรงไฟฟ้านิวเคลียร์เชอร์โนบิลก็ทีหนึ่งแล้ว ทำเอาทั้งวงการพลอยเสียชื่อไปด้วย ชนิดกู้คืนยากมาก ข่าวที่เพิ่งเกิดขึ้นเมื่อไม่นานมานี้ก็ช็อกโลกอีก อ่ามติดยิ่งกว่าสมัยของรัสเซียอีกกระมัง นั่นคือข่าวการลอบสังหารนายอเล็กซานเดอร์ ลิทวีนโนโก อดีตสายลับรัสเซีย เมื่อเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2549 ด้วยยาพิษกัมมันตรังสีโพลเนียม-210 (เป็นไอโซโทปกัมมันตรังสีที่สลายตัวแล้วปลดปล่อยรังสีอัลฟาพลังงาน 5 MeV ด้วยค่าครึ่งชีวิต 138 วัน) เป็นปฏิบัติการกำจัดชีวิตที่ไม่เปิดช่องให้รอดได้เลย โดยวางยาวันที่ 1 พฤศจิกายน 2549 ปลายเดือนวันที่ 23 ก็เสียชีวิต

คงต้องช่วยให้ความเป็นธรรมกับวงการนิวเคลียร์กันบ้างแล้ว ทุกวันนี้มีการใช้กัมมันตภาพรังสีในเชิงสร้างสรรค์อยู่มากมาย โดยเฉพาะในวงการแพทย์ ซึ่งมีวัตถุประสงค์ตรงกันข้ามกับเรื่องข้างบน คือ เพื่อรักษาชีวิตคนไข้ให้รอด ดังเช่นเรื่องที่จะนำมาเล่าต่อไปนี้ซึ่งบางสำนักข่าวเลือกให้เป็น “The Physics Story of the Year 2006” เรื่องหนึ่งเลยทีเดียว

โดยทั่วไปก็จะคิดกันว่าโรคมะเร็งนั้นน่ากลัว ยิ่งโรคมะเร็งสมองยิ่งน่ากลัวเข้าไปใหญ่ แต่ที่ยิ่งน่ากลัวไปกว่านั้นคือโรคมะเร็งสมองชนิด glioma มีอันตรายมากและยังไม่มีทางรักษา คนไข้มักจะเสียชีวิตภายใน 1 ปีหลังตรวจพบ ในคนอเมริกัน 36,000 คนที่เป็นโรคมะเร็งสมองในแต่ละปีมีถึง 17,000 คนที่เป็น



โรคมะเร็งชนิดนี้ ที่เซลล์มะเร็งของมันจะแพร่กระจายไปทั่วสมองอย่างรวดเร็ว เข้าโจมตี neuroglia ที่เป็นเซลล์ยึดโยงและหล่อเลี้ยงเซลล์ประสาทของสมอง การผ่าตัดมักจะเอาออกได้ไม่หมด ในที่สุดก็กลับมาเป็นอีก การรักษาด้วยวิธีรังสีบำบัดหรือเคมีบำบัดไม่ค่อยได้ผล แถมจะไปทำลายเซลล์สมองที่ยังดีๆ อยู่ด้วย

เมื่อเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2549 ได้มีการประกาศผลสำเร็จขั้นต้นของแนวทางรักษาโรคนี้อย่างใหม่ โดย Alan M. Jackson ซึ่งเป็น Health Physicist อยู่ที่ Henry Ford Health System ณ เมืองดีทรอยท์ รัฐมิชิแกน สหรัฐอเมริกา ที่ส่วนหนึ่งเกิดมาจากการเรียนรู้และเลียนแบบจากธรรมชาติ

เริ่มจากที่ได้มีการค้นพบว่ามิโปรตีน โมเลกุลอยู่ชนิดหนึ่งในพิษของแมงป่องพันธุ์ที่อาศัยอยู่ในทะเลทรายของประเทศอิสราเอลซึ่งชอบเจาะจงไปเกาะติดกับเซลล์มะเร็ง glioma ต่อมา



Alexander Litvinenko ตอนปกติ (ซ้าย) และตอนถูกวางยาพิษแล้ว (ขวา) ลิทวีนโนโก เกิดเมื่อวันที่ 30 สิงหาคม พ.ศ. 2505 ขอลี้ภัยการเมืองในประเทศอังกฤษที่สนามบินฮีทโรเมื่อวันที่ 1 พฤศจิกายน พ.ศ. 2543 (ได้รับอนุมัติเมื่อ 14 พฤษภาคม 2544) ก่อนเสียชีวิตอาศัยอยู่กับภรรยา (มารีน่า) และลูกชาย (อนาโตลี) วัย 5 ขวบ ในกรุงลอนดอน โดยยึดอาชีพนักเขียน



แมงป่องพันธุ์ *Leiurus quinquestriatus* ของอิสราเอล ซึ่งเรียกขานกันทั่วไปว่า “Death Stalker” หรือ “Yellow Scorpion” เป็นแมงป่องที่มีพิษรุนแรงมากที่สุดชนิดหนึ่ง เช่นมีพิษรุนแรงมากกว่าแมงป่องของอิหร่าน (*Mesobuthus eupeus*) ถึง 5 เท่า

ศาสตราจารย์ Harald Sontheimer นัก Neurobiologist ของ University of Alabama ณ เมือง Birmingham สามารถสังเคราะห์ขึ้นมาได้ในห้องวิจัย และเรียกชื่อโปรตีนตัวนี้สั้นๆ ว่า **TM-601** ซึ่งปัจจุบันเป็นลิขสิทธิ์ของบริษัท TransMolecular Industries Inc. ที่เป็นผู้ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยดังกล่าว (ทุกวันนี้การวิจัยเพื่อนำพิษของสัตว์มาทำเป็นยารักษายังมีอีกหลายตัวอย่าง เช่น การวิจัยหาพิษเห็ดจากพิษของงู ยาแก้ปวดจากพิษของหอยทะเล หรือ ยารักษาโรคเบาหวานจากพิษของกิ้งก่าทะเลทราย *Gila Monster* เป็นต้น)

การพัฒนาขั้นต่อไปก็คือสามารถเอาไอโซโทปกัมมันตรังสีไอโอดีน-131 ($I-131$) ไปประกบติดกับโมเลกุล TM-601 ได้ ดังนั้นเมื่อนำไปฉีดเข้าเส้นเลือด โปรตีนติดอาวุธรังสีเหล่านี้จะวิ่งไปที่สมอง เล็ดลอดผ่านระบบสกัดกั้นสารเคมีแปลกปลอมของสมองเข้าไปได้แล้วไปเลือกจับตัวกับเซลล์มะเร็งมากกว่าเซลล์ปกติ เลยทำให้เซลล์มะเร็งร้ายถูกระดมยิงชนิดเผาขนด้วยรังสีเบต้าพลังงาน 0.6 MeV กับรังสีแกมมาพลังงาน 0.4 MeV จาก $I-131$ (มีค่าครึ่งชีวิต 8 วัน) ตลอดเวลาจนเซลล์ร้ายตายไปในที่สุด

โดยปกตินั้น $I-131$ เป็นไอโซโทปกัมมันตรังสีที่ได้รับการนิยมนำใช้ในวงการแพทย์มาก เช่น ใช้ตรวจสอบการทำงานของต่อมไทรอยด์ ใช้รักษาโรคคอพอกและโรคต่อมไทรอยด์เป็นพิษ เป็นต้น ในบ้านเราก็สามารถผลิตได้เอง โดยใช้เตาปฏิกรณ์นิวเคลียร์ อายุ 40 กว่าปีของสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ (ปส.) ที่ถนนวิภาวดีรังสิต บางเขน แต่ปัจจุบันผลิตได้ไม่พอใช้เพราะวงการ

แพทย์และโรงพยาบาลของไทยก้าวหน้าขึ้นมาก จำเป็นต้องมีการนำเข้าจากต่างประเทศด้วย [ตั้งแต่วันที่ 21 พฤศจิกายน 2549 งานผลิตสารไอโซโทปกัมมันตรังสี เป็นภารกิจที่ได้โอนไปให้สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ(องค์การมหาชน)]

Jackson ได้ชี้แจงว่าผลการทดลองใช้กับคนไข้ 18 คนแรก (เคยได้รับการผ่าตัดมาแล้ว แต่กลับเป็นขึ้นใหม่อีก) ประสบผลสำเร็จเป็นที่น่าพอใจ โดยเฉลี่ยคนไข้มีอายุยืนยาวขึ้น โดยมีอยู่ 2 รายที่อยู่ต่อได้ถึง 3 ปีหลังการบำบัด ขณะนี้กำลังทำการทดลองกับอาสาสมัครอีก 54 คน ทั่วสหรัฐอเมริกา โดยแบ่งคนไข้ออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มหนึ่งรับยา 3 ครั้งต่อ 3 อาทิตย์ อีกกลุ่มรับยา 6 ครั้งต่อ 6 อาทิตย์ แต่ทั้งสองกลุ่มจะได้รับยาแรงเท่ากันต่ออาทิตย์ คือ 40 มิลลิวรี (mCi) ซึ่งในวงการจะถือว่าไม่มากยังน้อยกว่าขนาดที่ใช้กันในการบำบัดรักษาโรคมะเร็งต่อมไทรอยด์ ซึ่งจะใช้ $I-131$ เทียบเท่ากับ 200 mCi ดังนั้นผู้ป่วยจึงเป็นเพียงคนไข้ปกติได้ หลังการให้ยาไม่กี่ชั่วโมงก็สามารถกลับบ้านได้แล้ว โดยคนใกล้ชิดในครอบครัวจะได้รับรังสีในระดับที่ปลอดภัย ส่วน TM-601 ติดอาวุธรังสีที่ไม่ได้จับตัวกับเซลล์ใดๆ ก็จะถูกขับถ่ายออกจากร่างกายคนไข้โดยทางปัสสาวะภายใน 24 ชั่วโมง แต่ไอโอดีนกับต่อมไทรอยด์นั้นเป็น “คู่ซี้” กัน ถ้าได้เข้าสู่ร่างกายเมื่อใด ไอโอดีนเป็นต้องวิ่งไปสิงสถิตอยู่กับต่อมไทรอยด์เป็นสำคัญ ดังนั้นก่อนการใช้ยา TM-601 + $I-131$ กับคนไข้ ก็จะทำให้ต่อมไทรอยด์ของคนไข้ได้รับไอโอดีนธรรมดา (ไอโอดีนในธรรมชาติมีไอโซโทปเดียวคือ $I-127$ ซึ่งเสถียร ไม่ปลดปล่อยรังสี) จนเต็มพิกัด ทำให้ไม่มีที่เหลือที่จะรับ $I-131$ อีก เหมือนกับตอนเกิดการระเบิดที่โรงไฟฟ้านิวเคลียร์เชอร์โนบีลใหม่ๆ ประเทศในทะเลแวกใกล้เคียง เช่น โปแลนด์ก็จะต้องรีบให้เด็กๆ กินสารไอโอดีนปกติมากๆ ไว้ก่อน เพื่อไปแข่งที่ในต่อมไทรอยด์ตัดหน้า $I-131$ ที่อาจได้รับจากฝุ่นกัมมันตรังสีที่ปลิวลอยลมมาจากเชอร์โนบีล [$I-131$ จะเกิดมีขึ้นมาในแท่งเชื้อเพลิงของเตาปฏิกรณ์นิวเคลียร์เพราะเป็นผลพวงหนึ่ง (fission product) ของปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชันของยูเรเนียม-235]

อย่างไรก็ตามเรื่องการบำบัดรักษามะเร็ง glioma แนวใหม่นี้ยังจะต้องมีการทดลองและทดสอบอีกนานพอสมควร เพราะการจะได้รับอนุมิตจากองค์การอาหารและยาของสหรัฐอเมริกานั้นไม่ง่าย กระนั้นก็ตาม บริษัท TransMolecular ได้เริ่มคิดไว้แล้วว่า จะทดลองใช้ยานี้กับโรคมะเร็งชนิดอื่นๆ ด้วยเช่น มะเร็งเต้านม เป็นต้น



ประสบการณ์จากการเข้าร่วม ALOP workshop

พรรัตน์ วัฒนกลวิษฐ์



รูปที่ 1 ผู้เรียนทำการทดลองกันเป็นกลุ่มเพื่อเปรียบเทียบผลจากการทดลองจริงกับการคาดการณ์ที่มาจากความเข้าใจเดิมของผู้เรียน



รูปที่ 2 ตัวแทนผู้เรียนอภิปรายสาเหตุที่เห็นก้อนถ่านเป็นสีเงินเมื่ออยู่ในน้ำ

ฉบับนี้ขอเขียนเล่าถึงประสบการณ์จากการเข้าร่วมการประชุมเชิงปฏิบัติการ การเรียนรู้แบบผู้เรียนมีส่วนร่วมในหัวข้อทัศนศาสตร์และโฟโตนิกส์ (Active learning in optics and photonics หรือ ALOP) ณ วิทยาลัยสตรี Miranda House ในสังกัดของ University of Delhi เมืองเดลี ประเทศอินเดีย ระหว่างวันที่ 7-11 พฤศจิกายน 2549 การประชุมครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนหลักจาก UNESCO โดยมีวัตถุประสงค์ในการเผยแพร่แนวทางการเรียนรู้ฟิสิกส์แบบผู้เรียนมีส่วนร่วม ซึ่งเน้นการทำกิจกรรมที่กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ (activity-based method) โดยกิจกรรมเหล่านี้ส่วนใหญ่เป็นการทดลองแบบง่าย ๆ และกิจกรรมที่ผู้เรียนต้องลงมือทำเอง โดย UNESCO มีเป้าหมายที่จะพัฒนาความเข้าใจในเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ (Conceptual understanding) ให้แก่อาจารย์ในระดับอุดมศึกษาและครูระดับมัธยมในประเทศกำลังพัฒนา รวมทั้งส่งเสริมการเรียนรู้แบบผู้เรียนมีส่วนร่วมเพื่อที่จะให้อาจารย์และครูที่เข้าร่วมจากแต่ละประเทศได้นำความรู้ที่ได้และการสอนแบบผู้เรียนมีส่วนร่วมไปเผยแพร่ให้แก่ครูในประเทศของตนต่อไป การสัมมนาในครั้งนี้มีอาจารย์ในระดับอุดมศึกษาและครูระดับมัธยมจากหลากหลายประเทศในภูมิภาคเอเชีย อย่างเช่น ไทย อินเดีย มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ ศรีลังกา บังกลาเทศ และปากีสถาน โดยมีวิทยากรหลัก (Resource people) จากหลากหลายประเทศ

ทั้งสหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย ตุรกี และอเมริกาใต้

บรรยากาศการประชุม ALOP

การประชุมเชิงปฏิบัติการ ALOP นั้นใช้เวลา 5 วัน โดยวันแรกนั้นเป็นพิธีเปิด ตัวแทนจาก UNESCO และ Miranda House กล่าวถึงวัตถุประสงค์และเป้าหมายของการจัดประชุม ALOP จากนั้นมีการแนะนำตัว พร้อมทั้งกล่าวถึงประสบการณ์การสอนฟิสิกส์ของผู้เข้าร่วมอบรมและวิทยากร จากนั้นผู้เข้าร่วมทำแบบประเมินความเข้าใจเรื่องแสงและทัศนศาสตร์ (Light and Optics Conceptual Evaluation) ในวันที่ 2-5 เป็นการลงมือทำกิจกรรมและปฏิบัติการในแต่ละบทเรียน (Modules) โดยทำเป็นกลุ่ม ๆ หนึ่งไม่เกิน 5 คน โดยในแต่ละบทจะมีวิทยากรทำหน้าที่เสมือนผู้สอนทั้งการสาธิต ตั้งคำถาม ดำเนินการอภิปราย และสรุปใจความสำคัญของแต่ละบท ซึ่งส่วนหลักของกิจกรรมคือการเปิดโอกาสให้ทำการทดลองจริง โดยใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ราคาถูกและหาง่าย ซึ่งทาง UNESCO ต้องการให้การทดลองนำไปใช้ได้จริงในโรงเรียนไม่ว่าจะที่ไหนในโลก ในวันสุดท้ายก่อนพิธีปิดมีการทำแบบประเมินความเข้าใจอีกครั้ง จากประสบการณ์ตรงระหว่างทำกิจกรรมทำให้ผู้เขียนตระหนักถึงศักยภาพของการเรียนรู้แบบผู้เรียนมีส่วนร่วมที่ช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนคิด แลกเปลี่ยนความเข้าใจฟิสิกส์กับผู้สอน

ฟิสิกส์ศึกษา

ตารางที่ 1: ลักษณะที่ต่างกันระหว่างชั้นเรียนแบบดั้งเดิมและชั้นเรียนแบบผู้เรียนมีส่วนร่วม ^[1]

ชั้นเรียนแบบดั้งเดิม	ชั้นเรียนแบบผู้เรียนมีส่วนร่วม
ผู้สอน (และตำรา) เป็นแหล่งหรือที่มาของความรู้	ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้การสังเกตและประสบการณ์ตรงเป็นที่มาของความรู้
ผู้เรียนไม่ได้รับการท้าทายให้ใช้ความคิด	ผู้เรียนถูกท้าทายให้ใช้ความคิด และเปรียบเทียบการทำนายผล (ตามความเชื่อของผู้เรียน) กับผลที่ได้จากการสังเกตปรากฏการณ์ต่าง ๆ
ผู้เรียนอาจไม่เล็งถึงข้อแตกต่างระหว่างความคิดของตนกับสิ่งที่สอนในชั้นเรียน	ความเชื่อของผู้เรียนมักถูกเปลี่ยนแปลง หรือลบเลือนด้วยผลจากการสังเกตที่ต่างไปจากความเชื่อเดิม
บทบาทของผู้สอนเป็นแบบผู้สั่งการ	บทบาทของผู้สอนเป็นแบบผู้ช่วย หรือผู้นำทาง
มักไม่สนับสนุนการทำงานร่วมกันในหมู่ผู้เรียน	กระตุ้นให้มีการทำงานร่วมกันในหมู่ผู้เรียน
ผู้สอนบรรยายถึงผลจากการทดลอง หรือผลการวิเคราะห์ในรูปข้อมูลเหตุการณ์ (fact)	ผลจากการสังเกตหรือวิเคราะห์ จะถูกนำมาทำความเข้าใจในระหว่างการทดลองจริงในชั้น (real time observation)
ปฏิบัติการ (หากมี) จะทำเพื่อยืนยันความถูกต้องของทฤษฎีที่ผู้สอนบรรยายไว้ และมักจะเป็นปฏิบัติการที่บอกขั้นตอนทั้งหมดแบบสูตรสำเร็จ	ผู้เรียนทำปฏิบัติการเพื่อเรียนรู้ เพื่อแสวงหาคำตอบด้วยตนเอง

หรือกับเพื่อนร่วมกลุ่ม ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้มีส่วนให้ผู้เรียนเข้าใจถึงแก่นขององค์ความรู้นั้น แล้วเกิดการเชื่อมโยงเป็นองค์ความรู้ของตน

ข้อแตกต่างระหว่างการเรียนรูแบบผู้เรียนมีส่วนร่วมและการเรียนรูแบบดั้งเดิม

จากผลการวิจัยทางด้านฟิสิกส์ศึกษามากกว่า 30 ปี ชี้ชัดว่าการสอนแบบดั้งเดิมที่ผู้สอนบรรยายป้อนข้อมูลและผู้เรียนรับข้อมูลนั้น ไม่ได้ช่วยให้ผู้เรียนเปลี่ยนความเข้าใจฟิสิกส์ที่ไม่ถูกต้อง (Misconception) ซึ่งมาจากการตีความประสบการณ์ในแง่ที่ขัดแย้งกับหลักการทางฟิสิกส์ ผลการวิจัยฟิสิกส์ศึกษาบ่งชี้ว่าการจะช่วยให้ผู้เรียนแก้ไขหรือแม้กระทั่งสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องนั้น ผู้เรียนจำเป็นต้องมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ ทำได้โดยการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้สอน หรือกับเพื่อนร่วมชั้น ซึ่งความคิดเห็นเหล่านี้มาจากการที่ผู้เรียนคาดการณ์ผลลัพธ์ของปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ที่เป็นส่วนหนึ่งของการสาธิต, การทดลองจริง, หรือจากการแก้โจทย์ปัญหาที่ท้าทาย เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดวิเคราะห์ ดังคำถาม และสร้างความเข้าใจด้วยตนเอง เรียกลักษณะการเรียนเช่นนี้ว่า การเรียนแบบผู้เรียนมีส่วนร่วม (Active learning) ถือว่าเป็นการเรียนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง (student-centered) ลักษณะของชั้นเรียนแบบผู้เรียนมีส่วนร่วมต่างจากชั้นเรียนที่สอนแบบดั้งเดิม ทั้งในแง่บทบาทของผู้สอนและบทบาทของผู้เรียน ดังแสดงการเปรียบเทียบ

ไว้ในตารางที่ 1

หัวใจของการประชุม ALOP นั้นอยู่ที่การเรียนรู้แบบผู้เรียนมีส่วนร่วม ที่มีวงจรการเรียนรู้แบบ PODS—การคาดเดา (Predict), การสังเกต (Observe), การอภิปราย (Discuss), และการสังเคราะห์ (Synthesis) โดยวิธีการเรียนแบบนี้ผู้สอนเพียงแค่ชี้แนะแนวทางให้ผู้เรียนทำความเข้าใจเนื้อหาฟิสิกส์ผ่านการสังเกตและประสบการณ์ตรงจากการทดลอง

รูปแบบการเรียนแบบผู้เรียนมีส่วนร่วม

รูปแบบการเรียนแบบผู้เรียนมีส่วนร่วมนั้นมีหลายลักษณะ แต่ที่เน้นในการอบรม ALOP นั้นมีอยู่ 2 แบบ คือ:

- 1) การสาธิตแบบผู้เรียนมีส่วนร่วม (Interactive lecture demonstration, ILD) เหมาะกับการใช้ในห้องบรรยายขนาดใหญ่ เพื่อปรับการสอนให้เป็นไปตามวงจรการเรียนรู้ PODS โดยไม่ต้องปรับโครงสร้างของชั้นเรียน
- 2) ห้องปฏิบัติการแห่งการค้นพบ (Discovery labs หรือ Active learning labs) เหมาะสำหรับชั้นเรียนขนาดเล็กหรือห้องปฏิบัติการ ที่สามารถให้ผู้เรียนทำการทดลองเป็นกลุ่ม โดยให้ผู้เรียนคาดการณ์ผลลัพธ์ก่อนการทำการทดลอง พร้อมทั้งเน้นการอภิปรายก่อนและหลังการทดลอง ดังแสดงขั้นตอนไว้ในตารางที่ 2

ฟิสิกส์ศึกษา
ตารางที่ 2: แสดงขั้นตอนของการสาธิตแบบผู้เรียนมีส่วนร่วม (ILD) และห้องปฏิบัติการแห่งการค้นพบ (Discovery lab)

วงจรการเรียนรู้	ขั้นตอนของ ILD	ขั้นตอนของ Discovery lab
การคาดเดา	- ผู้สอนอธิบายการสาธิตแต่ยังไม่เริ่มการสาธิต - ให้ผู้เรียนเขียนคาดการณ์ว่าจะเกิดอะไรขึ้นในแผ่นคาดเดา (Prediction sheet) - ผู้เรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนร่วมห้อง - ผู้สอนนำการอภิปรายทั้งชั้น เพื่อหาว่าผู้เรียนส่วนใหญ่คิดว่า จะเกิดอะไรขึ้น แล้วให้ผู้เรียนเขียนคำคาดการณ์ลงในแบบคาดเดาอีกครั้ง	- ให้ผู้เรียนเขียนคาดการณ์ว่าจะเกิดอะไรขึ้นในแผ่นคาดเดา (Prediction sheet) - ผู้เรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนร่วมกลุ่ม - อภิปรายร่วมกัน เพื่อหาว่าผู้เรียนส่วนใหญ่คาดว่าจะเกิดอะไรขึ้นเมื่อทำการทดลองในแต่ละขั้น
การสำรวจ	- ผู้สอนทำการสาธิตให้ผู้เรียนเห็นว่าเกิดอะไรขึ้น แล้วผู้เรียนบันทึกผลที่ได้	- ผู้เรียนเริ่มทำการทดลองเป็นกลุ่ม พร้อมทั้งบันทึกสิ่งที่เกิดขึ้นและอภิปรายผลกับเพื่อนในกลุ่ม (ดังแสดงในรูปที่ 1)
การอภิปราย	- ตัวแทนผู้เรียนบรรยายผลที่ได้จากการสาธิต และอภิปรายสาเหตุที่มาของผล โดยผู้เรียนจะต้องเขียนผลที่ได้จากการสังเกตลงในแผ่นผลลัพธ์ Result sheet (ดังแสดงในรูปที่ 2)	- ตัวแทนจากแต่ละกลุ่มเขียนผลที่ได้ลงบนกระดาน และอภิปรายว่าผลที่ได้เกิดจากอะไร
การสังเคราะห์	- ผู้เรียน หรือ ผู้สอนอภิปรายพร้อมยกตัวอย่างสถานการณ์ที่คล้ายกับการสาธิต แต่อาจจะมีเงื่อนไขบางอย่างที่แตกต่างออกไป	- ผู้เรียน หรือ ผู้สอนอภิปรายพร้อมยกตัวอย่างสถานการณ์ที่คล้ายกับการทดลอง แต่อาจจะมีเงื่อนไขบางอย่างที่แตกต่างออกไป

จากประสบการณ์ระหว่างการประชุม ALOP ชั้นเรียนแบบผู้เรียนมีส่วนร่วมเน้นความหมายมาก โดยเฉพาะตอนที่ผู้เรียนอภิปรายกับเพื่อนร่วมชั้นหรืออภิปรายในกลุ่ม แต่นั่นเป็นข้อดีแสดงว่าผู้เรียนกำลังมีส่วนร่วมในการเรียน ผู้สอนอาจจะต้องทำงานหนักในการทำให้ผู้เรียนทั้งชั้นร่วมกันอภิปรายทั้งก่อนและหลังการทดลอง โดยในการอภิปรายผู้สอนต้องพยายามไม่บรรยาย แต่ควรชี้แนะให้ผู้เรียนใช้เหตุผลที่มาจากผลลัพธ์ของการทดลองเป็นหลัก ในกรณีที่ผู้เรียนยังไม่อภิปรายถึงใจความสำคัญของการทดลอง ผู้สอนอาจจำเป็นต้องชี้แนะตามความเหมาะสม

สำหรับนักศึกษา ครูหรืออาจารย์ ท่านใดสนใจ Active learning และต้องการข้อมูลเพิ่มเติม สามารถติดต่อผู้เขียนมาได้ที่ pornratw@chiangmai.ac.th หรือที่ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ. เมือง จ. เชียงใหม่ 50200

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณองค์การ UNESCO และภาควิชาฟิสิกส์ Miranda House, University of Delhi ที่สนับสนุนการเข้าร่วมประชุม ALOP ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุญโชติ เผ่าสวัสดิ์ขจร

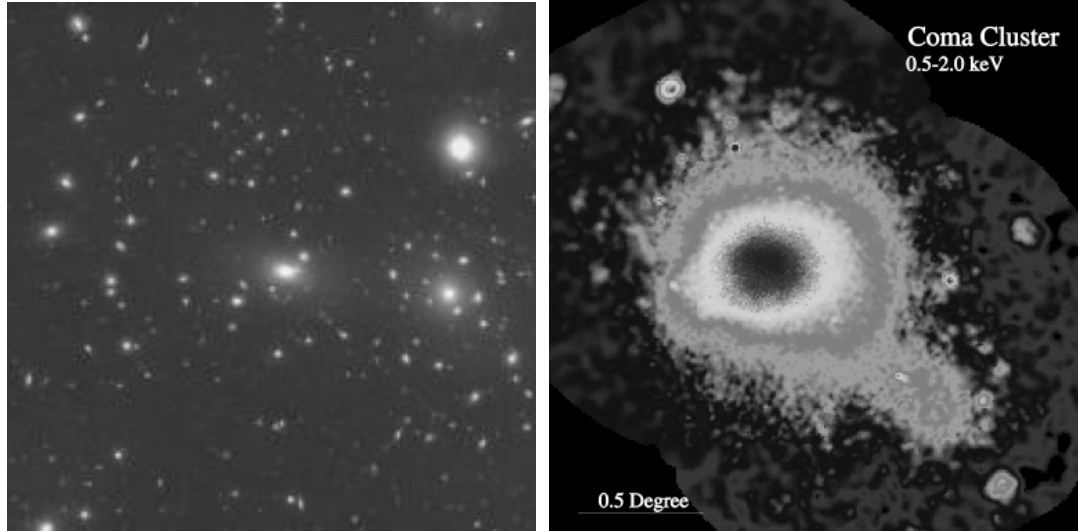
อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ช่วยติดต่อและประสานกับ UNESCO และ Miranda House


เอกสารอ้างอิง

- [1] นฤมล สุวรรณจันทร์ดี, บุรินทร์ อัสวพิภพ และ บุญโชติ เผ่าสวัสดิ์ขจร (2548). *การประยุกต์ใช้นวัตกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์แบบผู้เรียนมีส่วนร่วมในภูมิภาคเอเชีย* หนังสือรวมบทคัดย่อ Active Learning in Optics and Photonics Training Manual 8-9 ธันวาคม 2548 เชียงใหม่ (in pressed).
- [2] Z. B. Lakhadar, I. B. Culaba, V. Lakshminarayanan, J. T. Maquiling, A. Mazzolini, & D. R. Sokoloff (2006). *Active Learning in Optics and Photonics Training Manual*, p. 1-13.

กลุ่มวิจัยดาราศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

อรุณี เหมือนวงศ์*



รูปที่ 1 กลุ่มกาแล็กซี Coma ในย่านแสงที่มองเห็น (ซ้าย) และย่านรังสีเอกซ์ (ขวา) (เครดิตภาพ: Omar Lopez-Cruz & Ian Shelton/NOAO/AURA/NSF และ S. L. Snowden USRA, NASA/GSFC)/[โปรดดูภาพสีที่ปกหลัง]

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เป็นที่รู้จักอย่างกว้างขวางเกี่ยวกับงานด้านดาราศาสตร์ ทั้งนี้สืบเนื่องจากการบุกเบิกโดย ผศ.ดร. ขาวเหมือนวงศ์ ซึ่งท่านได้อุทิศตนให้กับงานในสาขาดาราศาสตร์อย่างมากมาย ทั้งด้านการสอน การบริการวิชาการให้กับประชาชน และการศึกษาค้นคว้าวิจัย หนึ่งในปรากฏการณ์ทางดาราศาสตร์ที่สำคัญที่ทำให้ประชาชนได้รู้จักกลุ่มดาราศาสตร์ของมหาวิทยาลัยขอนแก่นอย่างมากมาย ได้แก่ ผลงานการคำนวณการเกิดสุริยุปราคาเต็มดวง เมื่อวันที่ 24 ตุลาคม 2538 ของท่านอาจารย์ สำหรับผู้ที่ได้มีโอกาสสัมผัสประสบการณ์ในวันดังกล่าวเชื่อแน่ว่าจะยังคงประทับใจอยู่อย่างไม่รู้ลืม

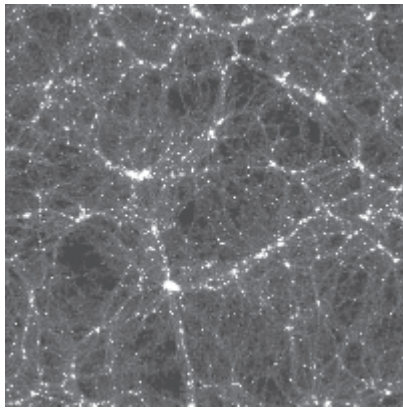
กลุ่มวิจัยดาราศาสตร์ ที่มหาวิทยาลัยขอนแก่นเป็นกลุ่มขนาดเล็ก ปัจจุบันมีอาจารย์ประจำ 1 คน คือ ดร. อรุณี เหมือนวงศ์ และมีนักศึกษาระดับปริญญาเอก 2 คน แนวทางการวิจัยที่กำลังดำเนินอยู่ประกอบด้วย 2 แนวทางด้วยกัน ได้แก่ (1) การศึกษาการใช้กลุ่มกาแล็กซีเพื่อองค์ความรู้ทางเอกภพวิทยา และ (2) การศึกษาเมฆออร์บในบริเวณดาวเกิดใหม่ งานวิจัยทั้งสองเรื่องนี้ได้รับความร่วมมืออย่างดียิ่งจากนักวิจัยทั้งในและต่างประเทศ ซึ่งนับว่าเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยให้กลุ่มวิจัยสามารถแลกเปลี่ยนทางวิชาการและผลักดันให้ผลงานวิจัยได้อย่างต่อเนื่อง

* อาจารย์ (ดร.) แห่งภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

(1) การศึกษาการใช้กลุ่มกาแล็กซีเพื่อองค์ความรู้ทางเอกภพวิทยา

กลุ่มกาแล็กซีเป็นวัตถุที่มีความสำคัญยิ่งในการศึกษาวิจัยเอกภพ เพราะเป็นโครงสร้างขนาดใหญ่ในเอกภพที่สามารถนำมาใช้เชื่อมต่อความเข้าใจทางด้านทฤษฎีและการสังเกตการณ์ของนักเอกภพวิทยาได้ วัตถุชนิดนี้ประกอบไปด้วยพลาสมาร้อนซึ่งสามารถสังเกตได้ในย่านรังสีเอกซ์ (รูปที่ 1) แต่เนื่องจากรังสีเอกซ์ถูกดูดกลืนในชั้นบรรยากาศดังนั้นการสังเกตการณ์วัตถุเหล่านี้จึงต้องใช้กล้องโทรทรรศน์อวกาศรังสีเอกซ์ การใช้กลุ่มกาแล็กซีเพื่อการศึกษาเอกภพจึงจำเป็นต้องทราบคุณสมบัติทางรังสีเอกซ์ของวัตถุเหล่านี้ นักทฤษฎีได้สร้างแนวความคิดเกี่ยวกับการเกิดโครงสร้างหรือกลุ่มกาแล็กซีเหล่านี้โดยพิจารณาเฉพาะผลของความโน้มถ่วงเพียงอย่างเดียว ดังนั้นความร้อนที่เกิดขึ้นภายในกลุ่มกาแล็กซีจึงมาจากการยุบตัวภายใต้ความโน้มถ่วงเท่านั้น แต่ในการสังเกตการณ์ด้วยกล้องโทรทรรศน์อวกาศรังสีเอกซ์ในช่วงปี ค.ศ.1990 เป็นต้นมา พบว่าคุณสมบัติทางรังสีเอกซ์ของพลาสมาในกลุ่มกาแล็กซีนั้นไม่สามารถอธิบายได้จากแนวคิดดังกล่าว ทั้งนี้เนื่องจากเอนโทรปีในใจกลางของกลุ่มกาแล็กซีนี้นั้นมีค่าสูงมากกว่าที่ทฤษฎีนี้ได้ทำนายไว้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องพิจารณาผลทางความร้อนจากปรากฏการณ์อื่นที่ไม่ใช่ผลของการยุบตัวภายใต้ความโน้มถ่วง (non-gravitational heating) จึงทำให้

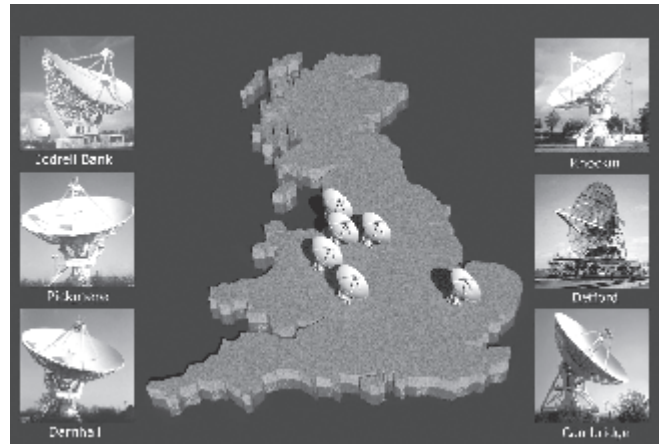
ขอแนะนำ



รูปที่ 2 ภาพโครงสร้างเอกภพที่ได้จากการจำลองแบบในคอมพิวเตอร์ของ Virgo Supercomputing Consortium กลุ่มจุดเชื่อมแทนหนึ่งกลุ่มกาแลกซี (เครดิตภาพ: Joerg Colberg)

นักทฤษฎีหันมาให้ความสนใจเกี่ยวกับความร้อนที่เกิดจากแหล่งต่างๆ ภายในกลุ่มกาแลกซี ไม่ว่าจะเป็น การสูญเสียพลังงานของก๊าซร้อนที่เรียกว่า radiative cooling หรืออาจเกิดจากความร้อนจาก active galactic nuclei เป็นต้น โดยยังไม่เป็นที่แน่ชัดว่ากระบวนการทางความร้อนแบบใดจะส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติทางรังสีเอกซ์ในกลุ่มกาแลกซีมากกว่ากัน เนื่องจากปรากฏการณ์ดังกล่าวนี้มีความซับซ้อนจึงจำเป็นต้องใช้คอมพิวเตอร์มาช่วยในการจำลองแบบ เพื่อศึกษาว่าปรากฏการณ์เหล่านี้จะส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติทางรังสีเอกซ์ของกลุ่มกาแลกซีอย่างไร

กลุ่มดาราศาสตร์ที่มหาวิทยาลัยขอนแก่น ได้ร่วมมือกับกลุ่มวิจัย Virgo Supercomputing Consortium (<http://www.virgo.dur.ac.uk>) ซึ่งประกอบด้วยนักวิจัยจากนานาชาติที่ใช้คอมพิวเตอร์สมรรถนะสูงในการจำลองแบบเอกภพเพื่อศึกษาวิวัฒนาการของเอกภพ (รูปที่ 2) ร่วมกับ Prof. Dr. Peter Thomas จาก University of Sussex และ Dr. Scott T. Kay จาก University of Oxford ประเทศสหราชอาณาจักร งานวิจัยชิ้นนี้ได้ศึกษาพบว่าการวิวัฒนาการของคุณสมบัติทางรังสีเอกซ์ของกลุ่มกาแลกซีมีความแตกต่างกัน ขึ้นกับปรากฏการณ์ทางความร้อนที่นำมาพิจารณาในการก่อตัวของกลุ่มกาแลกซีในแบบจำลอง แต่การที่จะสรุปว่าแบบจำลองชนิดใดจะมีความถูกต้องนั้น จะต้องตรวจสอบคุณสมบัติรังสีเอกซ์ของกลุ่มกาแลกซีที่จำลองได้เทียบกับการสังเกตการณ์จริงจากการสำรวจเอกภพ หนึ่งในโครงการสำรวจที่จะศึกษากลุ่มกาแลกซีที่เรดชิฟต์ต่างๆ ได้แก่ โครงการ XMM Cluster Survey (XCS; <http://www.xcs-home.org>) ผลจากการสังเกตการณ์ประกอบกับงานวิจัยนี้จะได้นำมาสร้างองค์ความรู้เกี่ยวกับการเกิด



รูปที่ 3 แสดงเครือข่าย MERLIN ในประเทศสหราชอาณาจักร (Multi Element Radio Linked Interferometer Network)

โครงสร้างและฟิสิกส์ภายในกลุ่มกาแลกซี ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อนักเอกภพวิทยาต่อไป

นอกจากการศึกษากลุ่มกาแลกซีในมิติของการเกิดโครงสร้างแล้ว ยังได้เริ่มทำการศึกษาผลของพลังงานมืดที่เกี่ยวข้องกับการเกิดกลุ่มกาแลกซีอีกด้วย ซึ่งงานวิจัยดังกล่าวเป็นการทำงานร่วมกับ Dr. Nelson Nunes จาก Cambridge University ประเทศสหราชอาณาจักร พลังงานมืดนั้นกำลังได้รับความสนใจจากนักเอกภพวิทยาทั่วโลกเพราะเป็นส่วนประกอบถึงกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ของสสารและพลังงานในเอกภพ และทำให้เอกภพของเราขยายตัวด้วยอัตราเร่ง แต่ปัจจุบันนี้นักฟิสิกส์ทฤษฎียังคงพยายามศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติที่แท้จริงของพลังงานมืด ซึ่งนับว่าเป็นความท้าทายของนักฟิสิกส์ในปัจจุบัน

(2) งานวิจัยด้านการศึกษาเมเซอร์ในบริเวณดาวเกิดใหม่ เป็นความร่วมมือระหว่างกลุ่มวิจัยกับนักวิจัยทั้งในและต่างประเทศ ได้แก่ ดร. บุญบา ครามเมอร์ จากสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ ดร. นิพนธ์ กลีฟร็อง จากมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี และหอสังเกตการณ์ Jodrell Bank ของ University of Manchester ด้วยเครือข่ายกล้องโทรทรรศน์วิทยุเมอร์ลิน (Multi Element Radio Linked Interferometer Network: MERLIN) ซึ่งประกอบไปด้วยกล้องโทรทรรศน์วิทยุขนาดใหญ่ (เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 25 เมตร ถึง 76 เมตร) จำนวนทั้งสิ้น 7 ตัว กระจายอยู่ในบริเวณต่างๆ ในประเทศอังกฤษ (รูปที่ 3) การศึกษาวิจัยนี้ได้รับความร่วมมือและความเอื้อเฟื้ออย่างดียิ่งจาก Dr. Jim Cohen และ Dr. Malcolm Gray จากสถาบันดังกล่าว

ขอแนะนำ

สำหรับในบริเวณที่ดาวเกิดใหม่นั้นจะถูกปกคลุมไปด้วยฝุ่นและกลุ่มโมเลกุลทำให้แสงจากดาวเกิดใหม่ไม่สามารถเล็ดลอดออกมาได้ จะสังเกตได้เพียงแต่รังสีอินฟราเรดที่แผ่ออกมาจากกลุ่มฝุ่นที่มีความร้อน และคลื่นวิทยุ/ไมโครเวฟที่แผ่ออกมากเท่านั้น งานวิจัยนี้ทำการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์สัญญาณที่แผ่ออกมาจากโมเลกุลไฮดรอกซิล ณ ใจกลางบริเวณดาวเกิดใหม่ ซึ่งอยู่ในรูป **เมเซอร์** (Maser: Microwave amplification by stimulated emission of radiation) การศึกษาสมบัติของเมเซอร์นี้ จะทำให้เราทราบถึงสถานะทางฟิสิกส์ของบริเวณดาวเกิดใหม่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งค่าความเข้มและทิศทางของสนามแม่เหล็กซึ่งมีบทบาทที่สำคัญอย่างยิ่งในกระบวนการเกิดของดาวฤกษ์

งานวิจัยทั้งสองแขนงนี้ยังคงดำเนินต่อไปได้ด้วยความร่วมมืออย่างดียิ่งจากนักวิจัยและสถาบันต่างๆดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น กลุ่มวิจัยมีความตั้งใจที่จะค้นหาคำตอบใหม่ๆทางด้านดาราศาสตร์อย่างต่อเนื่องในอนาคต หากนิสิต นักศึกษา หรือคณาจารย์ท่านใดสนใจข้อมูลเพิ่มเติมสามารถติดต่อได้ที่ **ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40002**

กิตติกรรมประกาศ

กลุ่มวิจัยขอขอบคุณการสนับสนุนของสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, มูลนิธิโทรเพื่อการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ ประเทศไทย, โครงการพัฒนาบัณฑิตอุดมศึกษาไทย, เครือข่ายดาราศาสตร์, และภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ทำให้นี้ขอขอบพระคุณ Dr. Jim Cohen ซึ่งท่านได้ล้งกลับไปเมื่อไม่นานมานี้ ความเอื้อเฟื้อและความทุ่มเทของท่านจะยังคงเป็นที่จดจำและประทับใจตลอดไป

ตัวอย่างผลงานวิจัย

1. Muanwong O., Kay S.T., Thomas P.A., "Evolution of X-Ray Cluster Scaling Relations in Simulations with Radiative Cooling and Nongravitational Heating." *Astrophysical Journal*, 2006; **649**: 640-648
2. Nammahachak S., Asanok K., Hutawarakorn B.K., Cohen R.J., Muanwong O., Gasiprong N., "OH masers associated with bipolar outflow in ON1." *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 2006, **371**: 619-625



นาโนสาร

อาหารนาโน (nanofood)

สุภาพ ชูพันธ์

อาหารถือเป็นหนึ่งในปัจจัยสี่ที่มีความสำคัญต่อชีวิตความเป็นอยู่ของเรา แล้วนาโนเทคโนโลยีซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่มีคนพูดถึงกันมากนี้ มีผลกระทบอย่างไรบ้างต่ออาหาร เรามาดูด้วยกันครับ

ถ้านำคำนาโนมารวมกับคำว่าอาหาร (ตามที่นิยมทำกันเหมือนกับชื่อคอลัมน์นี้ ที่เอาคำว่านาโน มารวมกับคำว่าสาร) เราจะได้คำว่า **อาหารนาโน (nanofood)** ซึ่งอาหารนาโนนี้มีความหมายกว้างๆคือ อาหารที่ผลิตขึ้นโดยใช้นาโนเทคโนโลยี ที่รวมถึงการนำอนุภาคนาโน เทคนิคทางนาโนเทคโนโลยีหรือเครื่องมือทางนาโนเทคโนโลยีมาใช้ในการเพาะปลูก การผลิต การแปรรูป หรือการบรรจุ แต่ไม่มีความหมายรวมถึงการดัดแปลงอาหาร หรือการผลิตอาหารโดยใช้เครื่องกลนาโน

นาโนเทคโนโลยีมีผลกระทบต่ออาหาร มากมายมหาศาล เช่น การปรับปรุงอาหารให้ดีขึ้นในด้านการแปรรูป การบรรจุ ความปลอดภัย การเพิ่ม รสชาติอาหาร โภชนาการอาหาร อาหารฉลาดที่มีส่วนผสมของยาและอาหารเสริม การเพิ่มกำลังการผลิต และการลดต้นทุนการผลิต ซึ่งการเพิ่มกำลังการผลิตเพียงอย่างเดียวก็จะเป็นประโยชน์แก่โลกมากมาย ในเมื่อคำนึงถึงว่ายังมีผู้อดอยากอยู่ในโลกนี้อีกหลายพันคนในแต่ละวัน

ในช่วงหลายปีมานี้ บริษัทักษ์ใหญ่ เช่น บริษัท Nestle, Altria, H.J. Heinz, Unilever ในอุตสาหกรรมอาหารได้ลงทุนหลายสิบล้านบาทในการวิจัยและพัฒนาทางด้านนาโนเทคโนโลยี แต่อาจจะแปลกใจที่ **เรายังไม่ค่อยได้ยินข่าวผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับอาหารนาโน** สาเหตุเนื่องมาจากบริษัทยังกังวลอยู่กับเรื่องความปลอดภัยและระเบียบข้อบังคับ ที่ยังไม่ชัดเจน แต่ในงานวิจัยทางด้านนาโนเทคโนโลยีนี้ยังคงดำเนินต่อไปอย่างเงียบๆ เงียบขนาดที่ว่าเมื่อเราเข้าไปค้นหา คำว่า nano หรือ nanotechnology ในเว็บไซต์ของบริษัทักษ์ใหญ่เหล่านี้ เราจะได้ผลการค้นหาที่ไม่พบคำเหล่านี้เลย

งานวิจัยและพัฒนา ทางด้านอาหารนาโนที่น่าสนใจมีตัวอย่างดังนี้ บริษัท Kraft Foods เป็นผู้นำในด้านการวิจัย โดยมีผลิตภัณฑ์ที่น่าจะเป็นไปได้ในอนาคตคือ เครื่องดื่มที่สามารถเปลี่ยนสีและรสชาติ รวมถึง อาหารที่สามารถปรับเปลี่ยนตาม

นาโนสาร



ความต้องการ โภชนาการของผู้บริโภคแต่ละบุคคลหรือปรับเปลี่ยนตามข้อจำกัดของบุคคลที่เป็นโรคภูมิแพ้

ในออสเตรเลีย มีการวิจัยเกี่ยวกับการนำวัสดุห่อหุ้มนาโนมาหุ้มสารโอเมก้า-3 แล้วผสมลงในขนมปัง ทำให้ขนมปังไม่มีกลิ่นเหม็นคาวปลา ทำให้ได้คุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น

บริษัท NutraLease บริษัทที่เริ่มก่อตั้งจาก Hebrew University of Jerusalem ในอิสราเอล ได้พัฒนาตัวนำส่งสารอาหาร (nutraceuticals) เข้าไปในระบบอาหาร โดยใช้เทคโนโลยีที่เรียกว่า nano-sized self-assembled structure liquids (NSSL) ทำให้สามารถนำส่งสารประกอบที่ปกติไม่ละลายในอาหารผสมลงไป ในอาหารได้หรือแม้กระทั่งผสมลงไป ในยาหรือเครื่องสำอาง ซึ่งได้มีการนำเทคโนโลยีนี้ไปใช้น้ำมันแคนโนลาที่บริโภคแล้ว มีสมบัติทำให้สุขภาพดีกว่าน้ำมันแคนโนลาธรรมดา ซึ่งน้ำมันนี้มีจำหน่ายในอิสราเอลแล้ว

มหาวิทยาลัย Tamil Nadu ในอินเดียและ Monterrey Tech ในเม็กซิโก ได้ทำงานวิจัยเพื่อพัฒนา ขาแมววัชพืชในระดับนาโนที่ไม่เป็นพิษต่อคน โดยพยายามหาวิธีที่จะเคลือบเมล็ดวัชพืชแล้วป้องกันไม่ให้เมล็ดวัชพืชงอกออกมาเป็นต้นได้

งานวิจัยทางด้านนาโนเทคโนโลยีในอุตสาหกรรมอาหาร มีมูลค่ามหาศาล ได้มีการคาดการณ์ไว้ว่า มีมูลค่า 2,000 ล้านดอลลาร์เมื่อเดือนสิงหาคมปีที่แล้ว และจะมีมูลค่าถึง 200,000 ล้านดอลลาร์ในปี 2012 แต่ว่าในอนาคตอันใกล้ การบรรจุอาหารน่าจะได้รับการสนับสนุนจากนาโนเทคโนโลยีมากกว่าด้านอื่น มีบริษัทผลิตวัสดุโดยใช้นาโนเทคโนโลยี ที่ทำให้อายุอาหารและมีความปลอดภัยมากขึ้น เช่น บรรจุภัณฑ์ฉลาด (smart packaging) ที่ทำให้อาหาร

ปลอดภัยมากขึ้น คุณภาพดีขึ้นและมีคุณภาพดีที่สุดในช่วงเวลาว่างจำหน่าย บรรจุภัณฑ์นาโนนี้ จะสามารถบอกได้ว่าอาหารมีการปนเปื้อนหรือไม่ สามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมได้ สามารถซ่อมแซมตัวเองได้ถ้าเกิดมีรูหรือการฉีกขาด และที่น่าสนใจมากคือ สามารถต้านเชื้อโรคได้ นอกจากนี้ บรรจุภัณฑ์นาโนยังสามารถดูดซับออกซิเจน สามารถตรวจหาเชื้อโรคที่ทำให้เกิดโรคทางเดินอาหาร และเตือนให้ผู้บริโภคทราบ ซึ่งบรรจุภัณฑ์ที่สามารถตรวจเชื้อ salmonella และ e. coli คาดว่าจะมีจำหน่ายภายในสองสามปีข้างหน้า ซึ่งทางสหรัฐอเมริกาให้ความสนใจมากเพราะมีประโยชน์มากในการป้องกันการก่อการร้าย ที่จะทำการใส่เชื้อโรคในแหล่งอาหาร

ในเนเธอร์แลนด์ ได้ทดลองวิจัยก้าวหน้าไปกว่านั้นอีก นอกจากจะมีวิธีตรวจพบว่าอาหารเสียหรือไม่ แต่วิจัยหาวิธีทำให้บรรจุภัณฑ์นาโนปล่อยสารรักษาความสดของอาหารไว้ด้วย ทำให้เก็บอาหารไว้ได้นานมากขึ้น

ยังมีการวิจัยเกี่ยวกับวัสดุผสมนาโนด้วย โดยนำมาใช้ในขวดพลาสติกที่ใสเบียร์ เพื่อช่วยให้เก็บเบียร์ได้นานขึ้น และทำให้พลาสติกนี้มีคุณสมบัติแตกได้ยาก การใส่วัสดุนาโนในพลาสติกนี้ ทำให้ป้องกันการแพร่ออกไปของออกซิเจน ทำให้เก็บเบียร์ไว้ได้นานถึงหกเดือน ขณะนี้กำลังทำการวิจัยเพื่อเก็บให้ได้ถึงสิบแปดเดือน ซึ่ง บริษัท Hite Brewery ของเกาหลีใต้ และ Miller Brewing Company ของสหรัฐอเมริกา ได้เริ่มใช้เทคโนโลยีนี้แล้ว

ในส่วนของผู้บริโภค เราควรจะรับมือกับเทคโนโลยีนี้ อย่างไร มีนักกิจกรรม (activist) และองค์กรอิสระในต่างประเทศ ได้พยายามต่อสู้ให้มีการให้ความรู้แก่ผู้บริโภค ให้มีระเบียบข้อบังคับควบคุมที่ชัดเจน และให้มีการติดฉลากบอกผู้บริโภคว่าเป็นอาหารนาโน และใช้นาโนเทคโนโลยีในขั้นตอนใด เพื่อเป็นทางเลือกแก่ผู้บริโภค รวมทั้งให้มีการทดสอบความปลอดภัยก่อนออกวางจำหน่าย

จะเห็นว่านาโนเทคโนโลยีกำลังคืบคลานเข้าไปในทุกภาคส่วน เราคงต้องช่วยกันจับตามองดูให้ใกล้ชิดแล้วครับ



เอกสารอ้างอิง

- [1] "Nanotechnology food coming to a fridge near you", published by Nanowerk LLC (2007), <http://www.nanowerk.com/spotlight/spotid=1360.php>

เหลียมเพอร์เมิตามวิชาแม่เหล็กไฟฟ้า

ชาญกิจ กันล่อง

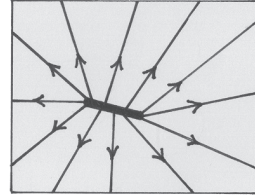
ตอนที่ 2 : กฎของบิโอ-ซาวาร์ต

1. หลักการพื้นฐานของสิ่งของที่ว่าง

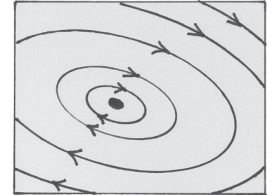
ผมมีความเชื่อลึกๆ ว่าถ้าจับประจุใส่ลงในอวกาศและเวลา จะได้สมการแมกซ์เวลล์ออกมาโดยอัตโนมัติ คือ ออกมาจาก “nothing” เลย โดยกำหนดมาจากโครงสร้างของอวกาศและเวลาเอง ซึ่งเป็นหลักเหตุผลที่อาจเรียกได้ว่า หลักการพื้นฐานของสิ่งของที่ว่าง ที่กล่าวว่า “โครงสร้างของสถานที่ คือ อวกาศและเวลา จะกำหนดลักษณะร่วมของสิ่งของที่สามารถอาศัยอยู่ภายใน” หลักการนี้คล้ายกับหลักสัมพัทธภาพ แต่มีเงื่อนไขคับกว่า คือ กำหนดไปถึงรูปร่างของกฎฟิสิกส์ด้วย ในขณะที่หลักสัมพัทธภาพ กำหนดได้แค่ว่ากฎฟิสิกส์ต้องเป็นสมการสเกลาร์หรือเวกเตอร์เท่านั้น (หรือกล่าวโดยทั่วไป เป็นสมการเทนเซอร์หรือสปินเนอร์) แต่ก็ยังไม่ทราบว่าหลักการนี้คับพอที่จะกำหนดรูปร่างกฎฟิสิกส์อย่างจำเพาะและครอบคลุมระดับใด แต่อย่างน้อยก็กำหนดรูปร่างกฎของเกาส์และกฎของฟาราเดย์แบบสถิตที่เป็นส่วนหนึ่งของสมการแมกซ์เวลล์ [1] ในทำนองเดียวกัน ผมคิดว่าหลักการนี้เป็นหลักเหตุผลเบื้องต้นที่ทำให้ โลกกลม ซึ่งเป็นหลักเหตุผลที่เหนือกว่ากฎฟิสิกส์เฉพาะกรณี ในบทความชุดนี้ เราจะใช้หลักการนี้ “อธิบาย” ความเป็นสมการแมกซ์เวลล์ในฟิสิกส์แบบฉบับ (ไม่สัมพัทธภาพ) ให้มากที่สุดเท่าที่จะไปได้ ความไม่สมบูรณ์ในที่นี้เป็นการเปิดประเด็นต่อ และหวังว่าอย่างน้อยเป็นวิธีช่วยให้เข้าใจสมการแมกซ์เวลล์มากขึ้น

เราเริ่มต้นที่พิจารณา ระบบสถิต (ไม่สัมพัทธภาพ) ซึ่งหมายถึงขอบเขตการศึกษาสนามที่เป็นไปได้จาก sources ที่อยู่ในสสาร (มีมวล) และอยู่นิ่งภายในกรอบเฉื่อยหนึ่งๆ เรามีสัจพจน์พื้นฐานของ อวกาศ และ สสารกับสนามที่อาศัยอยู่ดังนี้

(A) อวกาศ: (a1) มีอาณาบริเวณต่อเนื่อง เรียบ และมี 3 มิติ, (a2) มีเรขาคณิตแบบยูคลิด (มุมรอบวงกลมเป็น 2π และมีฟังก์ชันตรีโกณมิติ), (a3) มีหลักสัมพัทธภาพ หรือทั่วไปกว่าคือหลักสมมาตร กล่าวคือ ทุกบริเวณในอวกาศและระบบพื้นหลัง (background) ที่สมมาตร มีผลต่อระบบฟิสิกส์ที่อาศัยอยู่เหมือนกัน



สนามแฉ่



สนามวน

รูปที่ 1

(B) ปรากฏการณ์ในอวกาศและเวลา: (b1) ในอวกาศมีสสาร (มีมวล) เคลื่อนที่ได้ในอวกาศ การเคลื่อนที่เป็นปรากฏการณ์ของวัตถุฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับอาณาบริเวณในอวกาศโดยตรง เช่น การเคลื่อนที่ของอนุภาคสสาร แสดงได้ด้วยการเลื่อนตำแหน่ง $d\vec{x}$, (b2) สนามของแรงเป็นสนามที่เชื่อมโยงโดยตรงกับความเร่ง $(\frac{d^2 \vec{x}}{dt^2})$ ของอนุภาค (สสาร) และความเร่งที่เชื่อมโยงโดยตรงกับการเปลี่ยนตำแหน่งในอวกาศ สนามของแรงจึงเป็นสนามเวกเตอร์ และมีสมบัติอื่นๆ สอดคล้องกับหลักการพื้นฐานของสิ่งของที่ว่าง เราจะจำกัดการพิจารณาเฉพาะสนามของแรงเท่านั้น [เขียนเป็น $\vec{F}(\vec{x})$]

(C) sources และ สนามของแรง: (c1) sources ของสนามของแรงต้องอาศัยอยู่ในสสารที่มีมวล, (c2) สนามของแรงกำเนิดหรือสิ้นสุดที่ sources เท่านั้น ไม่สามารถเกิดขึ้นมาเองจากอวกาศอันว่างเปล่า, (c3) ที่ตำแหน่งใดๆ ยกเว้นที่ sources มีสนามของแรงเป็นไปได้อย่างเดียว (unique) ต่อเนื่องและเรียบทั่วอวกาศ

หลักการพื้นฐานของสิ่งของที่ว่างมีกลไกว่า หลักสมมาตร (a3) จะกำหนดสนามของ source พื้นฐาน และจาก (c2) จะได้สนามของระบบหลาย sources โดยการประกอบขึ้นจากสนามของแต่ละ source พื้นฐานในกรณีที่อยู่กันอย่างโดดเดี่ยวมาบวกกันแบบเวกเตอร์พอดีโดยไม่มีสนามเกินเกิดขึ้น เรียกว่า หลักการซ้อนทับกัน (superposition principle) [1, 2]

2. แบบแผนของสนามของแรง

เราสามารถแสดง (represent) สนามเวกเตอร์ที่มีสมบัติ

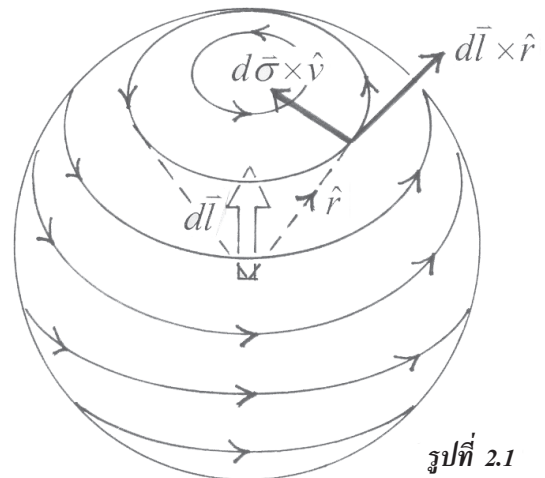
(c1)-(c3) ในรูป เส้นสนาม (field lines) ที่ไม่ตัดกันเลยในอวกาศ ยกเว้นที่ตำแหน่ง sources ถ้าเราทดลองวาดฟอนของเส้นสนาม ดังกล่าวที่สามารถแผ่ไปทั่วอวกาศจะพบว่าสามารถวาดได้ 2 แบบ เท่านั้น คือ สนามแผ่ (spread field) และ สนามวน (circulate field) สนามแผ่มีเส้นสนามทุกเส้นแผ่ออกหรือแผ่เข้าจาก sources ส่วน สนามวนมีเส้นสนามทุกเส้นวนเป็นวงปิดรอบ sources ดังรูปที่ 1 (ในชั้นตอนนี้ ผมยังไม่ได้หมายถึง divergent field ที่มี divergence $\vec{\nabla} \cdot \vec{V} \neq 0$ กับ curl $\vec{\nabla} \times \vec{V} = 0$ และ curl field ที่มี $\vec{\nabla} \cdot \vec{V} = 0$ กับ $\vec{\nabla} \times \vec{V} \neq 0$ เพราะบาง curl fields เป็นได้ทั้งสนามแผ่หรือ สนามวนใน sense นี้ [3])

2.1) source พื้นฐาน และแบบแผนทิศของสนามจาก source พื้นฐาน

สนามแผ่: มี source พื้นฐานที่สุดเป็น source จุด พิจารณา source จุดโดดเดี่ยว ซึ่งเป็นแค่จุดในอวกาศสมมาตร ทำให้ทุกตำแหน่งรอบ source มีข้อมูลในการกำหนดสนามเหมือนกัน จากหลักสมมาตร (a3) ทำให้ได้เส้นสนามเหมือนกันทุกทิศทาง คือ (1) แผ่ออกหรือแผ่เข้าอย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น, (2) แผ่อย่างสมมาตร, และ (3) เป็นเส้นตรงจากจุด source เส้นสนามรอบๆ source จึงก่อรูปร่างคล้ายกับ ตัวเม่นแคระ (hedgehog)

สนามวน: มีความไม่สมมาตรรอบจุดศูนย์กลางการวน ซึ่งต้องมาจาก source ที่ไม่สมมาตรที่จุดนี้ คือ มีแกนให้เส้นสนามวนรอบได้ sources รูปร่างแกนที่พื้นฐานที่สุดก็คือ แกนเวกเตอร์ ขนาดน้อยยิ่ง (infinitesimal vector axis) ที่เรียกว่า **ชิ้นประกอบเวกเตอร์ (vector element)** $d\vec{l}$ source ชนิดนี้ควรให้แบบแผนของสนามตามหลักสมมาตร (a3) อย่างไร?

กำหนดพิกัดทรงกลมให้แก่อวกาศรอบชิ้นประกอบเวกเตอร์ โดยให้ r เป็นระยะรัศมีจากจุดศูนย์กลางชิ้นประกอบ, θ เป็นมุมที่เวกเตอร์ตำแหน่งกระทำกับทิศชิ้นประกอบ, และ ϕ เป็นมุมกวาดรอบแกนชิ้นประกอบ เมื่อมอง source ชนิดนี้จากตำแหน่ง (r, θ, ϕ) รอบๆ จะเห็นว่ามีความสมมาตรตามแนวพิกัด ϕ ดังนั้นที่ (r, θ) หนึ่งๆ ไม่มีข้อแตกต่างในการกำหนดเส้นสนามที่ทุกมุม ϕ จากหลัก (a3) ได้ว่าที่แต่ละมุม θ บนผิวปิดรูปทรงกลมรัศมี r รอบ source มีเส้นสนามวนเป็น วงกลม ตามแนว ϕ รอบแกนชิ้นประกอบที่เป็นแกนศูนย์กลางพอดี เส้นสนามรอบ source จึงก่อรูปร่างคล้ายกับ ขดด้ายไหมพรม โดยเปรียบเส้นสนามเป็น



เส้นด้ายไหมพรมที่ขดกันแน่นเป็นลูกกลมๆ ล้อมรอบใจด้ายเล็กๆ แกนหนึ่ง ดังรูปที่ 2.1 แต่เส้นสนามจะวนรอบแกนในทิศทางใด ความสมมาตรรอบแกนและทิศของแกน $d\vec{l}$ ไม่ได้ fix อะไรให้เรา จึงกำหนดข้อตกลงตามที่เรานัด คือ พันรอบแกนตามหลักเกณฑ์มือขวา

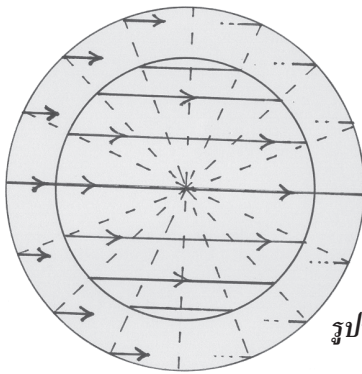
2.2) แบบแผนความเข้มสนามจาก source พื้นฐาน

สนามแผ่: ความเข้มสนาม ณ จุดหนึ่งๆ เป็นความหนาแน่นของจำนวนเส้นสนามที่ผ่านบริเวณจุดนั้น โดยวัดเป็นสัดส่วนระหว่าง “จำนวนเส้นสนาม” กับ **ผืนน้อยยิ่งที่ตั้งฉากกับเส้นสนาม ณ จุดนั้น** สำหรับสนามต่อเนื่อง ปริมาณที่แสดง “จำนวนเส้นสนาม” ผ่านผืนหนึ่งๆ เรียกว่า **ฟลักซ์ (flux)** เขียนเป็น $\Phi_s = \int_S d\vec{\sigma} \cdot \vec{V}$ โดยเขียน ความเข้มของสนาม (flux density) ใน

รูปฟลักซ์ได้เป็น $|\vec{V}(\vec{x})| = \frac{d\Phi_s}{d\sigma_\perp}$ โดยที่ $d\sigma_\perp = d\vec{\sigma} \cdot \hat{v}$

เนื่องจาก (c2) เส้นสนามไม่สามารถกำเนิดขึ้นเองจากอวกาศอันว่างเปล่า ทำให้ฟลักซ์ทั้งหมดที่ผ่านผิวปิดใดๆ รอบ source จุดมีค่าคงที่ ดังนั้นโดย (a1)-(a2) ได้ว่าความหนาแน่นของเส้นสนามต่อพื้นที่ผิวปิดที่อยู่ห่างจาก source จุดมากขึ้น จะลดลงตามกฎกำลังสองผกผัน (inverse-square law) [1]

สนามวน: สำหรับสนามวนรอบชิ้นประกอบเวกเตอร์จะมี (c2) อย่างไร? และวัดความเข้มอย่างไร? สนามวนมีเส้นสนามเป็นวงปิด แต่ละวงเริ่มต้นกำเนิดจาก source แล้วขยายออกไปเป็นวงกว้างขึ้นเรื่อยๆ อย่างต่อเนื่องในอวกาศคล้ายกับการแผ่น้ำคลื่นวงกลม ดังนั้นจึงมี (c2) ในลักษณะที่ว่าเมื่อไม่มี source ก็จะไม่



รูปที่ 2.2

วงเริ่มต้นใหม่เกิดขึ้นได้เองในอวกาศอันว่างเปล่า เนื่องจากเส้นสนามเป็นวงปิดทาบกับผิวปิดรอบ source จึงคิดฟลักซ์เป็นปริมาณการทาบกับผิวนั้นคือ

$$\Phi_c = \int_S d\vec{\sigma} \times \vec{B} = \int_S d\sigma_{\parallel} \left(\frac{\hat{r} \times \hat{v}}{|\hat{r} \times \hat{v}|} \right) |\vec{B}|$$

โดยที่ $d\sigma_{\parallel} = |d\vec{\sigma} \times \hat{v}|$ เป็นขนาดองค์ประกอบของชั้นประกอบผิวน้อยยิ่ง $d\vec{\sigma}$ ที่ทาบกับเส้นสนาม และเขียนความเข้มสนาม

ในรูปฟลักซ์ได้ว่า $|\vec{B}| = \frac{d\Phi_c}{d\sigma_{\parallel}}$ ความเข้มสนามประกอบด้วย

สัดส่วนระหว่าง ปัจจัยต่างๆ ของสนามบนผิว กับ ตัวแปรของผิวที่เจอหรือเข้มข้นปัจจัยดังกล่าว ในที่นี้จะศึกษาแต่ source พื้นฐาน คือชั้นประกอบเวกเตอร์ โดยจะแบ่งการพิจารณาปัจจัยของความเข้มสนามรูปขดด้วยนี้ออกเป็น 3 ด้าน ดังต่อไปนี้

I. พิจารณาจำนวนวงเส้นสนามทั้งหมด (Λ) ที่ทาบกับไปบนผิวปิดทรงกลมรอบ source จาก (c2) ได้ว่า Λ คงที่ไม่ว่าขยายผิวปิดทรงกลมให้ใหญ่ขึ้นเท่าใด ทำให้ได้จาก (a1)-(a2) ว่าความหนาแน่นของจำนวนเส้นสนาม (ρ_{Λ}) ต่อเส้น $dl_{\theta} = r d\theta$ ที่ตั้งฉากกับเส้นสนามบนผิวทรงกลมแปรผกผันกับรัศมี r (แสดงดังรูปที่ 2.2) และเนื่องจากชั้นประกอบเวกเตอร์เป็นเวกเตอร์จุด แม้ความมีขั้วไม่สมมาตรจะให้สนามวน แต่ความเป็นจุดไม่ได้ให้ข้อมูลใดๆ แก่การกระจายตามมุม θ จึงได้จาก (a3) ว่า ρ_{Λ} ที่ r มีค่าเท่ากันหมดทุกมุม θ เขียนได้เป็นสมการ

$$\rho_{\Lambda}(r) = \frac{d\Lambda}{dl_{\theta}} = \frac{\Lambda}{r2\pi} = \frac{C_1}{r}$$

II. เส้นสนามวงหนึ่งก็เปรียบเสมือนกับวงด้ายไหมพรมที่ออกจาก source ด้วย “เนื้อของเส้น” คงที่ที่ไม่กำเนิดขึ้นใหม่ อีกเมื่อวงขยายกว้างขึ้น ซึ่งทำให้เส้น “บางลง” โดยมี “ความ

หนาแน่น (λ)” ต่อความยาวเส้นสนาม ($dl_{\phi} = r \sin \theta d\phi$) แปรผกผันกับ r เนื่องจาก source เป็นเวกเตอร์จุด, λ จึงไม่ขึ้นกับมุม θ เขียนได้ว่า

$$\lambda(r) = \frac{dm(\theta)}{dl_{\phi}} = \frac{m \sin \theta}{r \sin \theta 2\pi} = \frac{m}{r2\pi} = \frac{C_2}{r}$$

III. เมื่อไม่คิดปัจจัย I. และ II. พิจารณาแต่โครงสร้างและทิศทางของเส้นสนามที่ต่อกันเป็นรูปขดด้วยทรงกลมที่วนตามหลักเกณฑ์มือขวาของ source ซึ่งบรรยายได้ด้วยเวกเตอร์สัมผัสเส้นสนาม $d\vec{l} \times \hat{r} = \hat{v} \sin \theta$ ดังแสดงในรูปที่ 2.1 โดยที่ตัวประกอบ $\sin \theta$ แสดง สัดส่วนของรัศมีความโค้ง (radius of curvature) ของเส้นสนามรอบ source ในทิศทางต่างๆ โดยใช้วิธีคิดบรรทัดฐานให้ทุกตำแหน่งรอบ source เป็นเวกเตอร์ 1 หน่วย ($\hat{r}$) ทั้งหมด เส้นสนาม ณ จุดที่มีรัศมีความโค้งมาก จะมีความโค้งน้อยก็สัมผัสกับเส้นสัมผัส (tangent line) เส้นสนามที่จุดนั้นมาก ย่อมส่งผลกระทำที่จุดนั้นมาก ความเข้มสนามจึงเกี่ยวข้องกับสัดส่วนรัศมีความโค้งด้วย

จากสามปัจจัยทำให้ได้

$$\begin{aligned} \vec{B}(\vec{x}) &= \frac{d\Phi_c}{d\sigma_{\parallel}} \hat{v} \propto \frac{d\Lambda}{dl_{\theta}} \cdot \frac{dm}{dl_{\phi}} \cdot d\vec{l} \times \hat{r} \\ &\propto \frac{d\vec{l} \times \hat{r}}{r^2} \propto \hat{v} \frac{\sin \theta}{r^2} ; \hat{v} = \frac{d\vec{l} \times \hat{r}}{|d\vec{l} \times \hat{r}|} \end{aligned}$$

นี่คือโครงสร้างแบบ กฎของบิโอท์-ซาวาร์ต (Biot-Savart's law) กฎของบิโอท์-ซาวาร์ตในวิชาแม่เหล็กสถิตมี source ชั้นประกอบเวกเตอร์เป็น ชั้นประกอบกระแส (current element) $I d\vec{l}$ ซึ่งเป็นกระแสตัวของประจุอนุกรม ทำให้ต้องมีกระแสครบวงจร C จากหลักการซ้อนทับกันจะให้สนามแม่เหล็กทั้งหมดของวงจรเป็น

$$\vec{B}(\vec{x}) = \frac{\mu_0}{4\pi} \oint_C \frac{d\vec{l} \times \hat{r}}{r^2}$$

เอกสารอ้างอิง

- [1] ชาญกิจ คั่นถ่อง, “เหล็ยมเพรเม้งดามวิชาแม่เหล็กไฟฟ้า: ตอน ที่ 1 กฎของเกาส์และกฎของฟาราเดย์แบบสถิต,” วารสารฟิสิกส์ไทย (ธ.ค. 2549 - ก.พ. 2550).
- [2] ชาญกิจ คั่นถ่อง, “เวกเตอร์ II: การบวกเวกเตอร์ และการประดับประดาอวกาศ,” วารสารฟิสิกส์ไทย (มิ.ย.-ส.ค. 2549).
- [3] R. B. Mcquistan, *Scalar and Vector Fields: A physical Interpretation* (John Wiley, 1965), p.176-179.

“ดาวเคราะห์” คัพท์เก่า นิยามใหม่ เพื่อความเข้าใจที่ตรงกัน

ศิรามาศ โกมลจินดา

สวัสดีค่ะท่านผู้อ่านวารสารฟิสิกส์ไทยทุกท่าน ในโลกยุคโลกาภิวัตน์นี้สิ่งต่างๆ ช่างผ่านไปรวดเร็วเหลือเกินนะคะ ยังไม่ทันไรปี 2007 ก็ผ่านไปแล้วยังไม่ถึงสองเดือน หวังว่าปีนี้จะเป็ปีที่ดีของท่านผู้อ่านทุกท่านนะคะ

ฉบับนี้ผู้เขียนขออนุญาตเขียนเรื่องในแวดวงดาราศาสตร์ ที่ในช่วงที่ผ่านมาค่อนข้างจะได้รับความสนใจเป็นอย่างมากสำหรับทั้งนักดาราศาสตร์ สื่อมวลชน และประชาชนทั่วไป ถึงแม้ว่าจะกล่าวถึงเข้าไปหน่อย นั่นก็คือ เรื่องของการนิยามคำว่า “ดาวเคราะห์ (planet)” และการเปลี่ยนแปลงฐานะของดาวพลูโต ซึ่งเกิดจากมติของสมาชิกรัฐสภาพันธมิตรดาราศาสตร์นานาชาติ

เชื่อว่าผู้อ่านทุกท่านคงจะรู้จักระบบสุริยะและดาวพลูโตกันเป็นอย่างดี อย่างไรก็ตามในที่นี่ ผู้เขียนขออธิบายสั้นๆเกี่ยวกับดาวพลูโตเพื่อความเข้าใจพื้นฐานที่ตรงกันก่อนค่ะ

ดาวพลูโตถูกค้นพบโดยบังเอิญโดย ดร. Clyde W. Tombaugh ในปี ค.ศ. 1930 จากการสำรวจท้องฟ้าเพื่อหา ดาวเคราะห์ที่ส่งผลกระทบต่อเคลื่อนที่ของดาวยูเรนัสและดาวเนปจูน แต่ภายหลังจากการค้นพบดาวพลูโต นักดาราศาสตร์กลับพบว่า ดาวพลูโตมีมวลน้อยมากจนไม่ได้มีผลต่อการเคลื่อนที่ของดาวยูเรนัสหรือดาวเนปจูนเลย และพบว่ามวลของดาวเนปจูนที่ประมาณไว้นั้นแตกต่างจากความเป็นจริง จึงไม่จำเป็นที่จะต้อง มีดาวเคราะห์หรือวัตถุใดมาส่งผลกระทบต่อเคลื่อนที่ของดาวยูเรนัสและดาวเนปจูน

ดาวพลูโตมีความพิเศษแตกต่างจากดาวเคราะห์ดวงอื่นๆ ในระบบสุริยะหลายประการ ไม่ว่าจะเป็นขนาดที่เล็กมาก กล่าวคือ มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณหนึ่งในหกของโลก เล็กกว่าดวงจันทร์ประมาณสองในสามเท่า มีลักษณะเป็นของแข็ง ซึ่งต่างจากดาวเคราะห์วงนอกดวงอื่นๆ วงโคจรของดาวพลูโตเป็นวงรี โดยมีวงโคจรอยู่ห่างจากดวงอาทิตย์ในช่วง 4.4-7.4 พันล้านกิโลเมตร ทำให้วงโคจรของดาวพลูโตซ้อนทับกับวงโคจรของดาวเนปจูน และเอียงทำมุมประมาณ 17 องศาับระนาบสุริยะ นอกจากนี้ แครอน



ดร. Clyde W. Tombaugh (1906-1997) ผู้ค้นพบดาวพลูโต
(ที่มา: Academy of Achievement)

(Charon) (โปรดดูภาพประกอบที่หน้า 2) ซึ่งเป็นดวงจันทร์ของดาวพลูโต ก็มีขนาดใหญ่ถึงครึ่งหนึ่งของดาวพลูโต และวัตถุทั้งสองต่างก็โคจรรอบกันอย่างสัมพันธ์ ทำให้ตำแหน่งบนพื้นผิวของวัตถุทั้งสองที่หันเข้าหากันเป็นตำแหน่งเดิมเสมอ วัตถุทั้งสองจึงเป็นเสมือนดาวเคราะห์คู่มากกว่าระบบดาวเคราะห์และดวงจันทร์

ด้วยความพิเศษเหล่านี้ทำให้มีการถกเถียงสถานะการเป็นดาวเคราะห์ของพลูโตกันมาเป็นเวลานาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีการค้นพบวัตถุในแถบไคเปอร์เพิ่มเติม เช่น 2003 UB₃₁₃ (ซึ่งมีชื่อในภายหลังว่า อิริส (Eris)) โดย Mike Brown, Chad Trujillo และ David Rabinowitz โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการณ์จากหอดูดาวพาโลมา ในปี ค.ศ. 2003 ข้อมูลจากกล้องโทรทรรศน์อวกาศฮับเบิลแสดงให้เห็นว่า 2003 UB₃₁₃ มีขนาดใกล้เคียงกับพลูโต หรือ 2003 VB₁₂ หรือ เซดนา (Sedna) ที่มีขนาดประมาณครึ่งหนึ่งของพลูโต (และถูกค้นพบโดยทีมนักดาราศาสตร์เดียวกันกับอิริส)

การถกเถียงเกี่ยวกับสถานะของเทววัตถุนี้ได้เคยเกิดขึ้นครั้งหนึ่งในอดีต เมื่อมีการค้นพบวัตถุในแถบดาวเคราะห์น้อยเช่น เซเรสในปี ค.ศ. 1801 (และพาลาส จูโน และเวสตาในเวลาต่อมา) เมื่อสมาชิกของระบบสุริยะมีมากขึ้น ในปี ค.ศ. 1852 จึงได้เกิดการนิยามความหมายเพื่อแบ่งแยก ดาวเคราะห์ (ซึ่งมีเจ็ดดวงตั้งแต่ดาวพุธ ถึง ดาวยูเรนัส) ออกจากดาวเคราะห์น้อย (asteroids) /ซึ่งเป็น

ดิน ฟ้า เวลา ดาว

วัตถุที่อยู่ในบริเวณแถบดาวเคราะห์น้อย ซึ่งในปัจจุบันถูกค้นพบแล้วมากกว่าสามแสนสี่หมื่นดวง และด้วยนิยามนี้เองที่ทำให้พลูโตกลายเป็นดาวเคราะห์ดวงที่เก้าในระบบสุริยะ และในปัจจุบันตามพื้นฐานนิยามเดิม ดาวเคราะห์ในระบบสุริยะได้กลายเป็นสิบสองดวง และนักดาราศาสตร์คาดว่าจำนวนดาวเคราะห์ในระบบสุริยะจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามเทคโนโลยีการสำรวจอวกาศที่พัฒนามากขึ้นและสำรวจได้ไกลออกไปมากขึ้น ดังนั้น สหพันธ์ดาราศาสตร์นานาชาติ (International Astronomical Union) จึงได้ตั้งคณะกรรมการขึ้นมาชุดหนึ่งเพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับนิยามของคำว่า “ดาวเคราะห์” ประกอบไปด้วย Prof. Owen Gingerich จาก Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics นักประวัติศาสตร์ดาราศาสตร์, Prof. Richard Binzel จาก MIT ผู้เชี่ยวชาญด้านดาวเคราะห์น้อยและวัตถุในแถบไคเปอร์, Prof. André Brahic จาก Université Denis Diderot ผู้ร่วมค้นพบวงแหวนของดาวเนปจูน, Assoc. Prof. Junichi Watanabe จาก NAOJ, Dr Iwan Williams จาก Queen Mary University of London ผู้เชี่ยวชาญด้านกลศาสตร์ของระบบสุริยะ, Dava Sobel ผู้เขียนหนังสือ Longitude, The Planets และ Galileo's Daughter และ Dr Catherine Cesarsky ผู้อำนวยการ ESO และประธานสหพันธ์ฯ ซึ่งคณะกรรมการเหล่านี้ต่างก็เป็นที่รู้จักในวงการดาราศาสตร์ แวดวงการศึกษาและสื่อสารมวลชนเป็นอย่างดี

ข้อเสนอเกี่ยวกับนิยามของ “ดาวเคราะห์” ถูกนำมาพิจารณาในการประชุมใหญ่สามัญของสหพันธ์ดาราศาสตร์นานาชาติครั้งที่ 26 (26th IAU General Assembly) ที่จัดขึ้นระหว่างวันที่ 15-25 สิงหาคมปีที่ผ่านมา ณ กรุงปราก ประเทศสาธารณรัฐเชค โดยมีนักดาราศาสตร์จากทั่วโลกกว่า 2,400 คน เข้าร่วมการประชุม (ในการประชุมเดียวกันนี้เองที่ประเทศไทยได้รับการลงมติยอมรับให้เข้าร่วมเป็นประเทศสมาชิกสหพันธ์ฯ) โดยในขั้นต้นนั้นคณะกรรมการฯ ได้นำเสนอนิยามโดยจัดให้ “planet” เป็น วัตถุที่

(ก) มีมวลมากพอที่จะคงสภาพเป็นวัตถุ(เกือบ) ทรงกลมได้ (เชิงอรรถที่ 1: โดยทั่วไปจะใช้กับวัตถุที่มีมวลมากกว่า 5×10^{20} กิโลกรัม และมีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 800 กิโลเมตร วัตถุที่มีขนาดใกล้เคียงกับค่าจำกัดนี้จะถูกพิจารณาโดยสหพันธ์เป็นกรณีไป)

(ข) โคจรรอบดาวฤกษ์และไม่ได้เป็นดาวฤกษ์หรือดาวบริวารของดาวเคราะห์ (เชิงอรรถที่ 2: สำหรับระบบพหุวัตถุ

เทหวัตถุหลักจะถูกจัดเป็นดาวเคราะห์หากมีคุณสมบัติตามนิยามของ “planet” ข้างต้น เทหวัตถุที่เหลือจะถูกจัดเป็นดาวเคราะห์หากมีคุณสมบัติตามนิยามของ “planet” และศูนย์กลางมวลของระบบอยู่ภายนอกเทหวัตถุหลัก เทหวัตถุอื่นๆที่ไม่มีคุณสมบัติดังกล่าวจะถูกจัดเป็นดาวบริวาร ภายใต้เงื่อนไขนี้ แครอนเป็นดาวเคราะห์ และระบบพลูโต-แครอนจะเป็นดาวเคราะห์คู่)

และเสนอให้ใช้คำว่า “classical planet” สำหรับดาวเคราะห์แปดดวงที่ค้นพบก่อนปี ค.ศ. 1900 ซึ่งโคจรเป็นรูปเกือบกลมใกล้กับระนาบสุริยะ ส่วนวัตถุอื่นๆ ที่โคจรรอบดวงอาทิตย์และมีขนาดเล็กกว่าดาวพุธ เช่น เซเรส ซึ่งจัดเป็น “planet” ตามนิยามข้างต้น ให้เรียกว่า “dwarf planet” เพื่อให้เกิดการแบ่งแยกด้วยเหตุผลทางประวัติศาสตร์ (เชิงอรรถที่ 3 : ถ้าพาลาส, เวสตา และไฮดาถูกค้นพบว่าเป็นไปตามนิยามข้างต้น ให้จัดอยู่ในกลุ่มนี้) ส่วนพลูโตจัดเป็น “planet” ตามนิยามข้างต้นเช่นเดียวกันกับวัตถุที่อยู่นอกวงโคจรของดาวเนปจูน (Trans-Neptunian Objects) วัตถุเหล่านี้มีวงโคจรเป็นรูปรีที่เอียงทำมุมกับระนาบสุริยะ และมีคาบนานกว่า 200 ปี ให้จัดวัตถุเหล่านี้ไว้ในกลุ่ม “plutons” โดยมีพลูโตเป็นต้นแบบ และวัตถุอื่นๆที่ไม่จัดอยู่ในกลุ่มใดๆข้างต้น ให้จัดอยู่ในกลุ่ม “Small Solar Systems Bodies” [เชิงอรรถที่ 4 : อันประกอบไปด้วย near-Earth objects, ดาวเคราะห์น้อยรอบดาวอังคาร ดาวพฤหัสบดีและดาวเนปจูน, วัตถุขนาดเล็กอื่นๆ (Centaurs, Trojan) และดาวหาง และยกเลิกคำว่า “minor planet”]

ตามข้อเสนอข้างต้นนี้ ระบบสุริยะ จะมี “planet” ทั้งหมด 12 ดวง (ได้แก่ ตั้งแต่ดาวพุธถึงดาวเนปจูน เป็น classical planets, เซเรส เป็น dwarf planet เช่นเดียวกับ พลูโต แครอน และอีริส ซึ่งสามดวงหลังนี้จัดอยู่ในกลุ่ม pluton) ซึ่งภายหลังการนำเสนอ นิยามข้างต้นได้เกิดการวิพากษ์วิจารณ์จากนักดาราศาสตร์ที่เข้าร่วมประชุม โดยเสียงส่วนใหญ่เห็นว่า จากนิยามดังกล่าวทำให้เซเรสและแครอนเป็นดาวเคราะห์ และจำนวนของ “planet” จะมีมากขึ้นเรื่อยๆ จะทำให้เกิดความสับสน และข้อเสนอดังกล่าวยังมีความไม่ชัดเจนหลายประการ เช่น การนิยามตำแหน่งศูนย์กลางมวลร่วม การใช้คำว่า “pluton” ซึ่งมีความหมายอื่นในทางธรณีวิทยา

ดังนั้น คณะกรรมการจึงได้จัดให้เกิดการอภิปรายเปิด ซึ่งนำไปสู่นิยามใหม่ของดาวเคราะห์ในระบบสุริยะ ที่ผ่านการลงมติของที่ประชุมสมาชิกสหพันธ์ดาราศาสตร์นานาชาติวันที่ 24

ดิน ฟ้า เวลา ดาว

สิงหาคม 2006 ดังนี้

มติที่ 5ก

(1) ดาวเคราะห์ (planet) (เชิงอรรถที่ 1: ดาวเคราะห์ที่ทั้งแปดได้แก่ ดาวพุธ ดาวศุกร์ โลก ดาวอังคาร ดาวพฤหัสบดี ดาวเสาร์ ดาวยูเรนัส และดาวเนปจูน) คือ เทหวัตถุที่ (ก) โคจรรอบดวงอาทิตย์ (ข) มีมวลมากพอจนแรงโน้มถ่วงทำให้วัตถุคงอยู่ในรูปทรง(เกือบ)กลมทางสมดุลไฮโดรสแตติก และ (ค) ทำให้บริเวณโดยรอบของวงโคจรปราศจากวัตถุอื่น

(2) “ดาวเคราะห์แคระ” (dwarf planet) คือ เทหวัตถุที่ (ก) โคจรรอบดวงอาทิตย์ (ข) มีมวลมากพอจนแรงโน้มถ่วงทำให้วัตถุคงอยู่ในรูปทรง(เกือบ)กลมทางสมดุลไฮโดรสแตติก (เชิงอรรถที่ 2: กระบวนการของสหพันธ์จะถูกกำหนดขึ้นเพื่อใช้ในการจัดแบ่งประเภทระหว่างดาวเคราะห์และดาวเคราะห์แคระ) (ค) ไม่ทำให้บริเวณโดยรอบของวงโคจรปราศจากวัตถุอื่น และ (ง) ไม่ได้เป็นดาวบริวาร

(3) วัตถุอื่นๆ (เชิงอรรถที่ 3: ประกอบไปด้วยดาวเคราะห์น้อยส่วนใหญ่, วัตถุที่อยู่นอกวงโคจรของดาวเนปจูนส่วนใหญ่, ดาวหาง และวัตถุขนาดเล็กอื่นๆ) ที่โคจรรอบดวงอาทิตย์จัดเป็น “วัตถุขนาดเล็กในระบบสุริยะ”

มติที่ 5ข ตกไป จึงไม่จำเป็นต้องใช้คำว่า “classical” กำกับหน้าคำว่า “planet” ในข้อที่ (1)

มติที่ 6ก

พลูโตจัดว่าเป็นดาวเคราะห์แคระตามนิยามข้างต้น และจัดเป็นต้นแบบสำหรับประเภทใหม่ของวัตถุที่อยู่นอกวงโคจรของดาวเนปจูน

มติที่ 6ข ตกไป ทางสหพันธ์จึงต้องดำเนินการต่อไปเพื่อเลือกคำที่เหมาะสมมาใช้เพื่อเรียกวัตถุประเภทนี้

ด้วยมติดังกล่าวนี้นี้ ทำให้คำว่า “ดาวเคราะห์” หมายถึง เทหวัตถุ 8 ดวงในระบบสุริยะ ตั้งแต่ ดาวพุธ ถึง ดาวเนปจูน เท่านั้น ส่วนพลูโต เซเรส และอีริส จัดเป็น “ดาวเคราะห์แคระ” ส่วนดวงจันทร์ต่างๆ ดาวเคราะห์น้อย ดาวหาง และวัตถุอื่นๆ จัดเป็น “วัตถุขนาดเล็กในระบบสุริยะ”

ถึงแม้ว่าข้อสรุปข้างต้นจะเป็นไปตามมติของที่ประชุมสหพันธ์ฯ แต่เมื่อได้มีการเผยแพร่ข้อสรุปดังกล่าวออกสู่สาธารณะชน (ซึ่งเกิดขึ้นแทบจะทันทีหลังการนับคะแนนเสร็จสิ้น) ก็ได้เกิดเสียงวิพากษ์วิจารณ์ทั้งเห็นด้วยและไม่เห็นด้วย ซึ่งรวมทั้งข้อสงสัยจากนักดาราศาสตร์ในเรื่องความกำกวมของนิยาม เช่น ความ “เกือบ” กลมนั้นนิยามเช่นไร [เพราะโลกก็ไม่ได้เป็นทรงกลมสมบูรณ์ โดยมีขนาดตามขั้วโลกสั้นกว่าตามเส้นศูนย์สูตร (polar flattening) 0.3% และสำหรับดาวเสาร์ค่านี้สูงถึง 10.4 %] บริเวณโดยรอบจะต้องมีอาณาเขตเท่าใดจึงจะถือว่าปราศจากวัตถุอื่นร่วมในวงโคจร (มีดาวเคราะห์น้อยจำนวนมากที่มีวงโคจรอยู่ใกล้กับวงโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ หรือที่เรียกว่า near-earth asteroids) และนิยามนี้ ไม่ได้ครอบคลุมถึงเทหวัตถุที่โคจรรอบดาวฤกษ์อื่นที่ไม่ใช่ดวงอาทิตย์ (ที่มีการค้นพบแล้วประมาณสองร้อยดวงในปัจจุบัน) และยังมีเสียงประท้วงจากสาธารณชน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่อพลูโตซึ่งถูกค้นพบโดยนักดาราศาสตร์ชาวอเมริกาถูกลดสถานะลง ชาวอเมริกาจำนวนมากได้ออกมาประท้วงไม่เห็นด้วยกับมตินี้ โดยให้เหตุผลว่า การลงมติดังกล่าวมีสมาชิกออกเสียงเพียง 424 เสียง จากสมาชิกทั่วโลก 9,785 คน (ซึ่งผู้เขียนสังเกตเห็นว่า สมาชิกสหพันธ์ชาวอเมริกันบางส่วนเดินออกจากห้องประชุมเมื่อการลงมติเริ่มต้นขึ้น) ซึ่งทั้งหมดนี้ก็ต้องเป็นหน้าที่ของสหพันธ์ที่จะพิจารณาต่อไป แต่ทั้งนี้ผู้เขียนต้องขอแสดงความคิดเห็นส่วนตัวว่า ไม่ว่านิยามหรือมติของสหพันธ์จะเป็นเช่นไร ก็เป็นเพียงแค่เรื่องของ “การเรียกชื่อ” ซึ่งไม่ได้ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงใดๆ กับสิ่งที่เกิดขึ้นในเอกภพที่รอให้เราศึกษา ดาวเคราะห์ทั้งแปด พลูโตและแคโรน เซเรส หรือเทหวัตถุอื่นๆ ไม่ว่าจะถูกเรียกชื่ออย่างไรหรืออยู่ในหมวดหมู่ใดต่างก็ยังมีมวลกลับมากมายที่รอให้เราศึกษาเพื่อความเข้าใจในกฎของธรรมชาติอีกต่อไป



เอกสารอ้างอิง

1. Dissertatio cum Nuncio Sidereo III no. 1-10, IAU General Assembly 2006, Prague.
2. พลูโตกับภาพใหม่ของระบบสุริยะ, ศรีณย์ โปษยะจินดา, สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ, 2549



ปีสุริยฟิสิกส์สากล

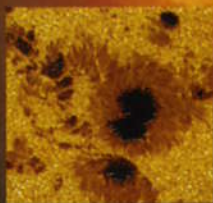
International Heliophysical Year

IHY 2007

ความสำคัญของปีฟิสิกส์สุริยะ

ปีสุริยะฟิสิกส์สากล 2007 (International Heliophysical Year, 2007 : IHY 2007) ปี พ.ศ. 2550 (ค.ศ. 2007) เป็นปีที่สหพันธ์ฟิสิกส์ธรณีแห่งอเมริกาได้กำหนดให้มีการฉลองครบรอบ 50 ปีแห่งปีฟิสิกส์ธรณีสากล (International Geophysical Year, IGY) และครบรอบ 50 ปีแห่งการสำรวจอวกาศ โดยในปี พ.ศ. 2550 นี้จะเป็นปีที่จะเริ่มกิจกรรมปีฟิสิกส์สุริยะสากลในทันทีที่จะขยายฐานของงานด้าน “ฟิสิกส์ธรณี” ไปสู่งานด้าน “ฟิสิกส์สุริยะ” และการวางแผนให้มีการวิจัยทางด้านฟิสิกส์สุริยะไปอีก 50 ปีข้างหน้า โครงการปีฟิสิกส์สุริยะนี้จะมีนักวิทยาศาสตร์เข้าร่วมประมาณ 60,000 คนจาก 67 ประเทศ วัตถุประสงค์ของกิจกรรมเพื่อให้มีความเข้าใจในเชิงลึกในกระบวนการทางฟิสิกส์สุริยะที่ควบคุมกลไกต่างๆภายในดวงอาทิตย์ บรรยากาศของดวงอาทิตย์ เช่น ลมสุริยะและ การแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากดวงอาทิตย์ เป็นต้น และผลกระทบของดวงอาทิตย์ที่มีต่อโลก เช่น พายุสุริยะ รังสีอันตรายที่แผ่ออกมาจากดวงอาทิตย์ เป็นต้น โดยให้มีการศึกษาวิจัยอย่างหลากหลายในเรื่องดังกล่าว รวมทั้งกิจกรรมการบริการวิชาการเพื่อเข้าถึงประชาชน (Public Outreach) และกิจกรรมทางการศึกษา (Education) เพื่อให้ประชาชนมีความเข้าใจมากขึ้นเกี่ยวกับดวงอาทิตย์และผลของดวงอาทิตย์ที่มีต่อโลก และให้มีการจัดเนื้อหาการเรียนรู้อยู่ในเรื่องดังกล่าวแก่นักเรียนและนักศึกษาด้วย

ปี พ.ศ. 2550 ซึ่งเป็นปีมหามงคลที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช ทรงมีพระชนมายุครบ 80 พรรษา สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติจึงจะร่วมดำเนินกิจกรรมปีฟิสิกส์สุริยะกับองค์การนาซาและสหพันธ์ฟิสิกส์ธรณีแห่งอเมริกาโดยจะจัดกิจกรรมการบริการวิชาการในรูปแบบของการบรรยาย/เสวนา นิทรรศการและประชุมวิชาการ เพื่อเข้าถึงประชาชนโดยการใช้ความรู้เกี่ยวกับดวงอาทิตย์ ระบบสุริยะ และผลกระทบของดวงอาทิตย์ต่อโลก รวมทั้งการสร้างความรู้ความเข้าใจและความตื่นตัวเรื่องผลของดวงอาทิตย์ และปัญหาสิ่งแวดล้อมด้วย สำหรับด้านการวิจัยจะริเริ่มให้มีการวิจัยและส่งเสริมและสนับสนุนการดำเนินการวิจัยด้านฟิสิกส์สุริยะ



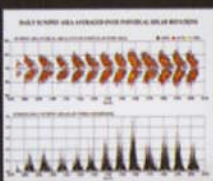
จุดบนดวงอาทิตย์ (Sunspots)

จุดบนดวงอาทิตย์ เกิดอยู่ที่ผิวของดวงอาทิตย์หรือที่ชั้นบรรยากาศโฟโตสเฟียร์ ซึ่งพื้นผิวบริเวณนั้นของดวงอาทิตย์ที่มีความเข้มของสนามแม่เหล็กสูงมากทำให้การเคลื่อนที่ของก๊าซถูกจำกัดเป็นผลให้บริเวณนั้นมีอุณหภูมิต่ำกว่าบริเวณรอบข้าง จึงเห็นเป็นจุดดำเมื่อนมองเทียบกับพื้นผิวดวงอาทิตย์รอบข้างที่สว่างจ้ากว่า



ลมสุริยะ (Stellar Wind)

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



แผนภูมิตี้นี้ผีเสื้อ (Butterfly Diagram)

เกิดจากการที่จุดบนดวงอาทิตย์มีจำนวนไม่แน่นอน โดยความแปรผันของจำนวนจุดนี้จะมีลักษณะวนเป็นคาบที่ค่อนข้างสม่ำเสมอโดยจะอยู่ในช่วงระยะเวลาประมาณ 8-16 ปี และมีค่าเฉลี่ยประมาณ 11 ปี โดยถ้านับจำนวนจุดต่อเวลาผ่านเป็นแผนภูมิจะพบว่าแผนภูมิที่ได้จะเป็นรูปคล้ายผีเสื้อ



Swedish 1-m Solar Telescope: SST

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

ติดต่อ

เชียงใหม่ (สำนักงานชั่วคราว)

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

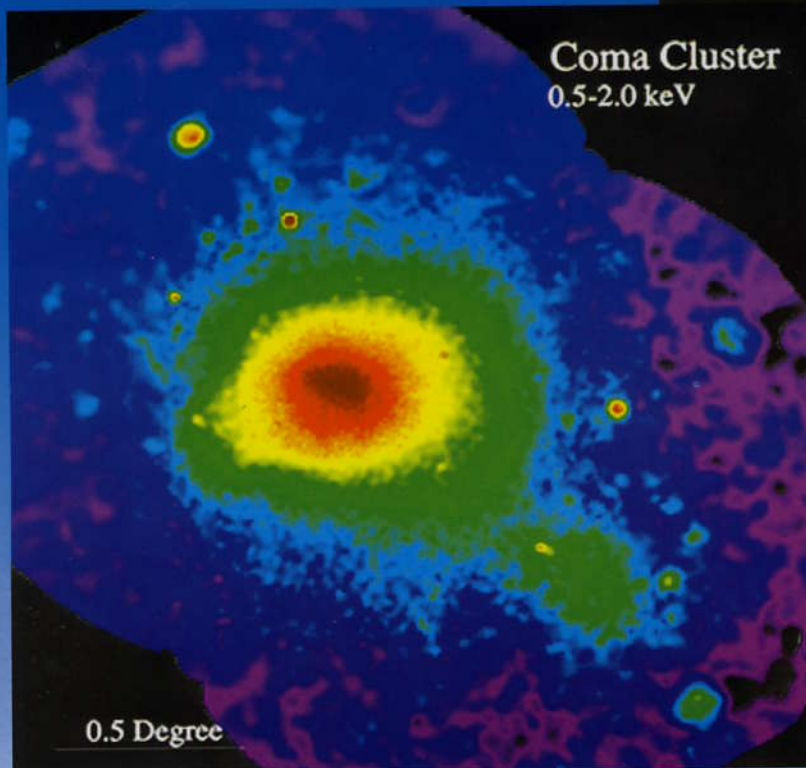
กรุงเทพ (สำนักงานประสานงาน)

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

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

Email : info@narit.or.th

พื้นที่โฆษณา



(เครดิตภาพ: Omar Lopez-Cruz & Ian Shelton/NOAO/AURA/NSF และ S.L. Snowden USRA, NASA/GSFC)



กลุ่มกาแล็กซี COMA ในย่านรังสีเอกซ์

โปรดดูรายละเอียดที่หน้า 17



โปรดดูรายละเอียดที่หน้า 4

สิ่งตีพิมพ์

หากไม่ถึงผู้รับ โปรดส่งคืน
สมาคมฟิสิกส์ไทย