

เทคโนโลยีชีววิศวกรรมลำไออน
ปะตาลีขิตของเอกภพ
สรุปผลการเสวนาผลกระทบของการสอบ Admissions
เวลาเปลี่ยน....คะแนนฟิสิกส์เธอเปลี่ยน....ช่างกระไร ใครหนอใครทำ?



2 nm
(length of 1 turn = 3.4 nm)



Thai Journal of Physics

วารสาร

วารสารสำหรับผู้ที่รักและสนใจในแวดวงฟิสิกส์

ISSN 0857-1449

ปีที่ 25 ฉบับที่ 3 : กันยายน - พฤศจิกายน 2551

จางหายไปสู่ความมืดมนอนธการ

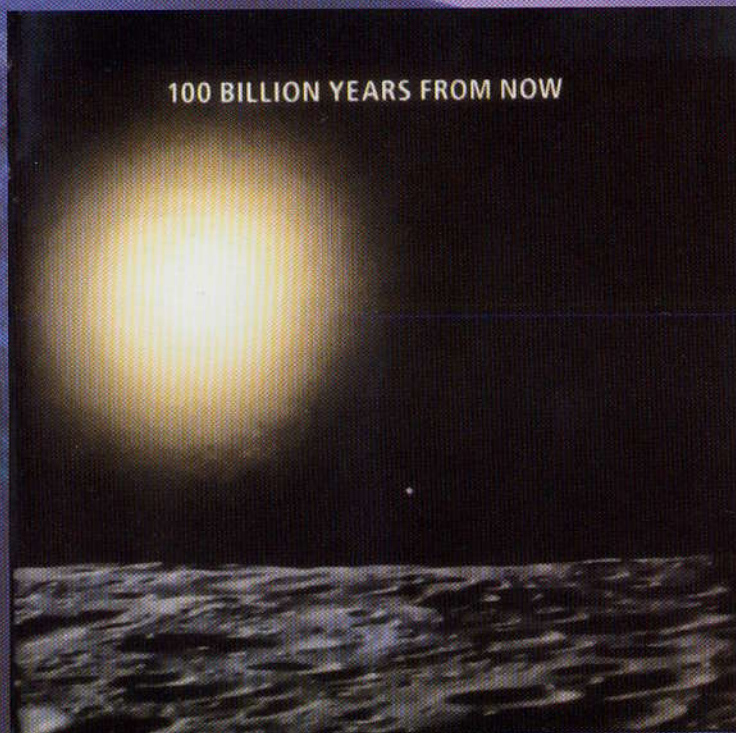
หากสมมติว่าโลกยังอยู่รอดได้ในอนาคต ท้องฟ้าที่เราจะมองเห็นได้ จะเปลี่ยนแปลงไปตามการเข้าร่วมตัวกันของกาแล็กซีทางช้างเผือกของเรากับกาแล็กซีเพื่อนบ้าน พร้อมๆกับการถอยห่างของกาแล็กซีห่างไกล



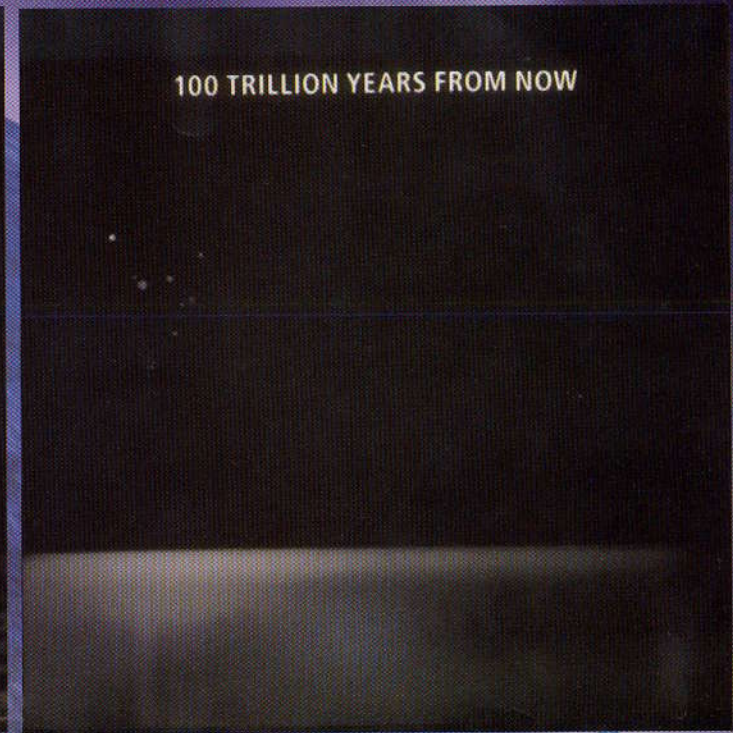
1. ปัจจุบัน : แถบจางๆพาดผ่านกลางท้องฟ้าคือ จานของกาแล็กซีทางช้างเผือกของเรา กาแล็กซีเพื่อนบ้านอย่าง แอนโดรเมดรา และเมฆแมกเจลลานิค ยังคงปรากฏให้เห็นได้ด้วยตาเปล่า อีกพันล้านกาแล็กซีห่างไกลสามารถถูกมองเห็นได้ด้วยกล้องโทรทรรศน์



2. อนาคตอีก 5 พันล้านปี : กาแล็กซีแอนโดรเมดราได้เข้าชนกับกาแล็กซีของเรา เกิดการระเบิดและสร้างดาวฤกษ์ดวงใหม่สุกสว่างกลางท้องฟ้า ดวงอาทิตย์ของเราขยายตัวเป็นดาวยักษ์แดงและตายลงในความเป็นจริงแล้วยากที่โลกของเราจะอยู่รอดได้



3. อนาคตอีก 1 แสนล้านปี : กาแล็กซีทางช้างเผือกของเรารวมเข้ากับกาแล็กซีเพื่อนบ้านจนหมดสิ้น กลายเป็นซูเปอร์กาแล็กซี และหากสมมติได้ว่าโลกของเราลอยหลุดออกมานอกกาแล็กซี เราจะเห็นท้องฟ้าปรากฏดังภาพ กาแล็กซีไกลอื่นๆจะเคลื่อนหายออกไปนอกเอกภพที่เรารับรู้ได้



4. อนาคตอีก 1 ล้านล้านปี : เมื่อดาวฤกษ์ดวงสุดท้ายในกาแล็กซีเดียวของเราที่เหลืออยู่ในเอกภพที่เรารับรู้ได้หมดดับลง จะไม่หลงเหลือสิ่งใดให้แลเห็นอีกต่อไป ส่วนที่เหลือของกาแล็กซีจะค่อยๆยุบตัวลงต่อไปไหลเข้าสู่หลุมดำที่ใจกลางของมันเองอย่างช้าๆ (แถบแสงในภาพ เป็นแสงสมมุติในบรรยากาศโลก)

สารบัญ

ส่งต้นฉบับและการออกแบบรูปเล่ม

เข้าโรงพิมพ์ เมื่อ 31 กรกฎาคม 2551

สวัสดิ์

3 : สวัสดิ์

4 : สรุปข่าว

6 : สรุปผลการประชุมเสวนาผลกระทบของการคัดเข้ามหาวิทยาลัยโดยวิธี Admissions ๑

10 : เรื่องเด่นประจำฉบับ : เทคโนโลยีชีววิศวกรรม
ลำไออน

15 : ดิน ฟ้า เวลา ดาว : ษะดาลิขิตของเอกภพ๑

18 : แก๊ทึผิด

19 : ฟิสิกส์ศึกษา : เวลาเปลี่ยน...คะแนนฟิสิกส์เธอเปลี่ยน๑

25 : ฟิสิกส์ศึกษา : ซอฟต์แวร์โอเพนซอร์สกับการ
ประยุกต์ใช้๑

29 : ประสบการณ์ฟิสิกส์ : ลอนดอน

ที่บ้านผมมีเทียนไขและไฟแช็คเตรียมไว้ตลอดเวลา ทั้งๆที่
ไม่มีใครสูบบุหรี่ บ้านหลังอื่นๆ(ที่เชียงใหม่)ก็คงต้องเตรียมพร้อม
สำหรับอนาคตที่ไฟอาจดับได้ทุกเมื่ออย่างบ้านผมเหมือนกัน เป็น
ธรรมชาติของคนที่ตั้งตัวอยู่ในความไม่ประมาท ที่ต้องเตรียมพร้อม
สำหรับอนาคตที่อาจจะเกิดด้านร้ายได้ เช่น ต้องพยายามมีเงินสด
สำรองไว้ในแบงค์บ้าง เผื่อยามเจ็บไข้ได้ป่วย ฯลฯ แล้วประเทศไทย
เตรียมการสำหรับอนาคตเมื่อยาม “น้ำมันดับ” อย่างไรแล้วบ้าง

เมื่อต้นเดือนเดือนกรกฎาคมนี้ ผมได้ฟังการบรรยายของ
Dr. Fred Schlachter จาก LBNL สหรัฐอเมริกา ซึ่งตอนหนึ่งได้ให้
ข้อมูลว่ามีการคาดการณ์จากหลายแบบจำลอง (model) ตรงกันว่า
น้ำมันดิบที่ถูกสูบขึ้นมาใช้ด้วยเทคนิคที่มีต้นทุนถูกที่สุดอย่างใน
ทุกวันนี้จะเริ่มแห้งเหือดในประมาณปี ค.ศ. 2047 คือ อีกประมาณ
40 ปีเท่านั้น ผม(ซึ่งคงอยู่ไม่ถึงวันนั้น)อยากให้เป็นการประเมินที่
ผิดพลาด แต่ถ้าถูกละครับ อะไรจะเกิดขึ้นกับสังคมไทย ถ้าเรา
ไม่มีการเตรียมแผนสำรองที่เป็นรูปธรรมไว้ล่วงหน้า

ประเทศเสรีประชาธิปไตยไม่ใช่หมายถึงแต่เพียงการมี
สิทธิในการออกเสียงเลือกตั้งเท่านั้นนะครับ แต่หมายรวมถึงสิทธิที่
ลูกหลานของเราจะได้อยู่ในประเทศที่มีอนาคต “สว่าง” ด้วย ผมขอ
(ต่อที่หน้า 4)



กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ให้การสนับสนุน
ในการจัดพิมพ์วารสารฉบับนี้

กองบรรณาธิการ ชาญกิจ คันถ่อง, พรรัตน์ วัฒนกุลวิเศษ, ขงยุทธ เหล่าศิริถาวร, รัตติกร ยัมนิริฐ, ศิรามาศ โกมลจินดา, สมชาย
เกียรติมงคลชัย, สุภาพ ชูพันธ์ หัวหน้ากองบรรณาธิการ สมสร สิงขรัตน์ ที่ปรึกษากองบรรณาธิการ กลชาญ อนันตสมบุรณ์, มานิต รุจิโรดม
ฝ่ายภาพและออกแบบปก มิณทร์ เมธีสุวรรณ, ราชนทร์ 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 โทรสาร: 053-222776 วารสารฟิสิกส์ไทย เป็นวารสารราย 3 เดือน มีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่สาระ-ข่าวสาร และเป็น
สื่อสัมพันธ์ในมวลหมู่สมาชิกและผู้สนใจในแวดวงฟิสิกส์ ส่งเสริมให้เกิดการแลกเปลี่ยนข้อมูลและประสบการณ์เกี่ยวกับฟิสิกส์ในวงกว้าง
ที่สร้างสรรค์ โดยความคิดเห็นและทัศนะที่ปรากฏอยู่ในบทความต่างๆ เป็นเฉพาะของผู้เขียนแต่ละท่าน สมาคมฟิสิกส์ไทยไม่จำเป็นต้องเห็นด้วย
เสมอไป

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

คณะกรรมการสมาคมฟิสิกส์ไทย ประจำปี 2550-2552 ที่ปรึกษา ดร.วิโรจน์ ดันตราภรณ์, รศ.ดร.วิจิตร เล็งหะพันธ์, ศ.ดร.วิรุฬห์
สายคณิต, ศ.ดร.สุทัศน์ ชกส้าน, ผศ.ดร.วาทิพันธ์ ปรัชญพฤต, ศ.ดร. ทวี ดันฉศิริ นายกสมาคมฯ ศ.เกียรติคุณ ดร. ถิรพัฒน์ วิสัยทอง
อุปนายก รศ.ดร.พิเชษฐ ลิ้มสุวรรณ เลขานุการ ดร.คุณฤ สุวรรณขจร รองเลขานุการ ผศ.ดร.รัชชาติ มงคลนาวิน เภรณูญิก ผศ.กานดา สิงขรัตน์
นายทะเบียน รศ.ดร.ธีรวรรณ บุญวรรณ ประชาสัมพันธ์ ดร.บัญชา ธนบุญสมบัติ บรรณาธิการวารสารฟิสิกส์ไทย รศ.ดร.สมสร สิงขรัตน์
ปลัด ผศ.รจนา ชินพิทักษ์ กรรมการ ประธานสาขาฟิสิกส์ สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยฯ (ผศ. ศิลปชัย บุรณพานิช), รศ.ดร. ชัยวิทย์
ศิลาวัณานาย, รศ.ดร.วีระพงษ์ แพสุวรรณ, รศ.ดร.พิกุล วนิชชาภิชาติ, ผศ.ดร.ขจรยศ อยู่ดี, ผศ.ดร.วิทยา อมรกิจบำรุง, ผศ.ดร.ประยูร
สงศิริฤทธิกุล, คุณสุธี เพชรอาวุธ, ศ.ดร.ชูกิจ ลิ้มปิงานงค์, รศ.ดร.ณสรณ์ ผลโลก, ผศ.ดร.สันติ แม้นศิริ, ผศ.ดร.ชนากร โอสดจันทร์, ผศ.นิรันดร์
วิทอนันต์, ผศ.ศิวพร สหวัฒน์, ดร.พรเทพ นิศามณีพงษ์, คุณอัจฉรา เจริญสุข

สรุปข่าว

(ต่อจากหน้า 3)

เรียกร้องให้ท่าน สว. และ สส. ที่พวกเราเลือกให้เป็นตัวแทนและท่านก็ยินดีรับแล้ว กรุณาแบ่งเวลามาสว่าง/กระตุ้น/ดูแลนโยบายแก้ปัญหาพลังงานของชาติทั้งแบบ ระยะสั้น ระยะกลาง ระยะยาว อย่างเป็นรูปธรรมโดยด่วน 40 ปีนั้นไม่นานเลยนะครับ (กว่าจะเห็นหนึ่งๆจะใช้ประโยชน์ผลิตไฟฟ้าได้ต้องใช้เวลาไม่ต่ำกว่า 7 - 8 ปี โรงไฟฟ้านิวเคลียร์แต่ละโรงต้องใช้เวลารสร้าง 4 - 6 ปีเป็นอย่างน้อย พลังงานนิวเคลียร์ฟิวชันยังมีอนาคตไม่แน่ชัด ฯลฯ) หรือจะให้ลูกหลานไทย ออกไปวิ่งหาซื้อเทียนไขกันเอาเองตอนที่ไฟมันดับดับขึ้นมาแล้วจริง ๆ



พบกันใหม่ฉบับหน้า : ธันวาคม 2551

คืนสู่แผ่นดินบิดมารดา



Anita Goel, Ph.D. & M.D.

เมื่อตอนต้นปีนี้ รัฐบาลกลางของอินเดียและของรัฐ Himachal Pradesh ทางภาคตะวันตกเฉียงเหนือ ตกลงกันที่จะให้การสนับสนุนบริษัท Nanobiosym จากสหรัฐอเมริกาด้วยการจัดหาที่ให้ 1,250 ไร่ อยู่ห่างขึ้นไปทางเหนือของเมือง Delhi ประมาณ 2 ชั่วโมงโดยทางรถยนต์ เพื่อให้บริษัทจัดตั้งอุทยานวิทยาศาสตร์ขึ้นสำหรับการพัฒนาต่อยอดไบโอเซนเซอร์ของบริษัทให้เป็นรุ่นที่มีขนาดกระทัดรัดและมีราคาถูกลง อดคิดจาบ้านเขาไม่ได้ที่มีรัฐบาลที่มีแนวทาง “วิทยานิยม” อย่างต่อเนื่อง

ที่น่าสนใจไม่ยิ่งหย่อนไปกว่ากัน ก็คือ ผู้ก่อตั้งและรั้งตำแหน่ง CEO ของบริษัท Nanobiosym ซึ่งมีสำนักงานใหญ่อยู่ที่เมือง Medford ในรัฐแมสซาชูเซตส์ เป็นผู้หญิงอายุเพียง 34 ปี เธอชื่อว่า Anita Goel เป็นอเมริกันเชื้อสายอินเดีย (ครอบครัวอพยพไป

ตั้งรกรากที่รัฐมิสซิสซิปปี เมื่อปี ค.ศ. 1970) เธอมีประวัติที่น่าสนใจเรียนจบปริญญาตรีสาขาฟิสิกส์จากมหาวิทยาลัยชั้นนำแห่งหนึ่งของโลกอย่างมหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด แล้วข้ามฝั่งไปเรียนจบปริญญาเอกสาขาฟิสิกส์จากมหาวิทยาลัยชั้นนำของโลกอีกแห่ง คือมหาวิทยาลัยฮาร์วาร์ด **ควบกับ** เรียนแพทยศาสตร์ในหลักสูตรร่วมฮาร์วาร์ด-MIT ทิศทางการวิจัยที่เธอสนใจ คือ การพัฒนาทฤษฎีและเทคนิคการทดลองเพื่อจะเข้าใจพฤติกรรมของเอนไซม์ที่เป็นมอเตอร์ชีวภาพขนาดนาโน (DNA polymerase) ที่คอยทำหน้าที่อ่านและจำลองแบบดีเอ็นเอโมเลกุล และเพื่อจะเข้าใจว่ากระบวนการนี้ขึ้นกับสภาพแวดล้อมอย่างไร

จากการค้นคว้าวิจัยในเรื่องนี้ ทำให้เธอค้นพบเทคนิคใหม่ที่มีความไวสูงมากในการตรวจวัดไวรัสและแบคทีเรีย ซึ่งเกิดไปเตะตากองทัพสหรัฐเข้าอย่างจัง จึงสนับสนุนทุนวิจัยให้เธอได้ตั้งบริษัท Nanobiosym ในปี ค.ศ. 2004 โดยมีเป้าหมายที่จะบูรณาการวิชาฟิสิกส์, ชีวการแพทย์และนาโนเทคโนโลยีเข้าด้วยกัน เพื่อการพัฒนาไบโอเซนเซอร์ที่มีศักยภาพสูงในการป้องกันการก่อการร้าย/สงครามชีวภาพ และการประยุกต์ใช้ในวงการชีวการแพทย์

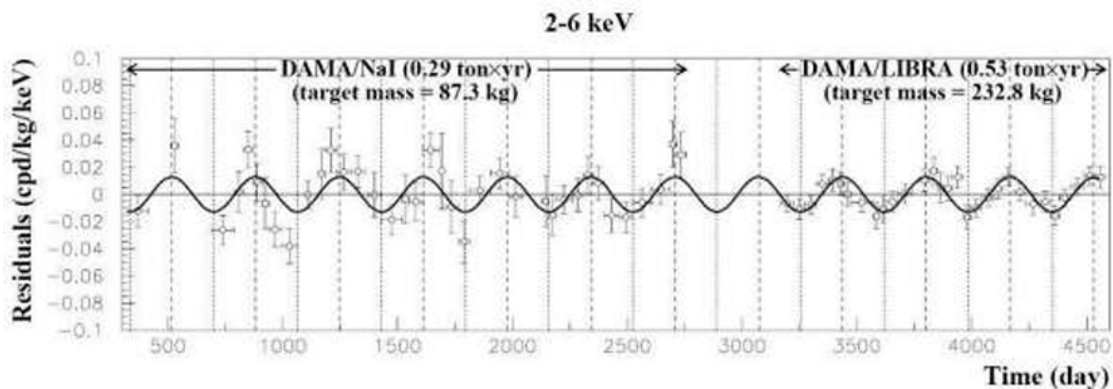
เธอเคยได้รับการคัดเลือกโดยนิตยสาร Technology Review ของ MIT ให้เป็น 1 ใน 35 นักนวัตกรรมรุ่นใหม่ (อายุไม่เกิน 35 ปี) ที่มีศักยภาพสูงเยี่ยมด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประจำปี ค.ศ. 2005 และในปีถัดมาก็ได้รับรางวัล Global Indus Technovator Award ของ MIT อีกด้วย ดร. Goel มีความมุ่งมั่นที่จะประสานพลังของวิชาฟิสิกส์เข้ากับวิชาชีววิทยา เธอเคยตั้งข้อสังเกตไว้ว่า “**ปัจจุบันเรามีความรู้ความเข้าใจในอะตอมและโมเลกุลมากแล้ว แต่เราเข้าใจฟิสิกส์พื้นฐานของชีวิต (basic physics of life) ตีแผ่ไหน?**”



การโต้แย้งผลการตรวจพบสสารมืด

ทีมนักวิจัยของการทดลอง DAMA (DARk MATter) ที่ประเทศอิตาลี ประกาศว่า ได้ตรวจพบสสารมืด (dark matter) โดยได้ผลการทดลองเป็นหลักฐานชัดเจนว่ามีสสารมืดอยู่ในรูปอนุภาคมวลที่มีอันตรกิริยาอ่อน เรียกว่า WIMPs (weakly interacting massive particles) แต่ยังมึ่นักฟิสิกส์หลายคนสงสัยผลการตรวจพบที่อ้างในการทดลองดังกล่าว โดยยืนยันว่าข้อมูลนี้จำเป็นต้องได้รับการสนับสนุนโดยการค้นคว้าวิจัยต่อไป (หมายเหตุ: จากสภาพฟิสิกส์ของเอกภพปัจจุบันทำให้คาดการณ์ตามทฤษฎีจักรวาลวิทยาได้ว่า เอกภพจะต้องมีสสารหนาแน่นมากกว่าที่ค้นพบและคาด

สรุปข่าว



รูปที่ 1 แสดง วงจรแปรผันประจำปี (annual modulation) ที่ทีมวิจัย DAMA ค้นพบ แต่นักวิจัยอื่นๆ ยังไม่เชื่อมั่นว่ามาจากสสารมืด

การค้นจากทฤษฎีที่เรารู้จัก เช่น กาแล็กซี่ หลุมดำ ฯลฯ โดยสสารส่วนเกินดังกล่าวมีอันตรกิริยากับอนุภาคอื่นๆ อ่อนมากโดยเฉพาะอันตรกิริยาแม่เหล็กไฟฟ้า ทำให้ไม่มีแสงสว่างให้สังเกตพบโดยตรงได้ จึงเรียกว่า สสารมืด ซึ่งมีสองประเภท คือ hot dark matter ที่มีความเร็วระดับสัมพัทธภาพ ปัจจุบันคาดว่าเป็นนิวตริโน และ cold dark matter หรือ WIMPs ที่มีความเร็วต่ำ ซึ่งคาดว่ามีส่วนหนึ่งก่อรูปเป็น halo โอบอุ้มทุกกาแล็กซี่อยู่)

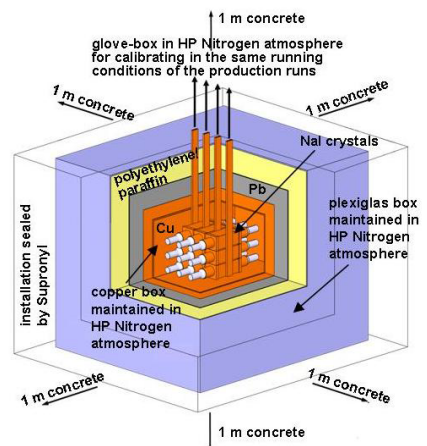
การทดลอง DAMA ที่ห้องปฏิบัติการ Gran Sasso ประกอบด้วยตัวตรวจจับที่เป็นสารเรืองแสงโซเดียมไอโอไดด์ [NaI(Tl)] ซึ่งติดตั้งเป็นแถวตารางอยู่ใต้ดิน นักวิจัยในการทดลองนี้นับตั้งแต่ปี 1996 พยายามค้นหาแสงแวบที่เกิดขึ้นเมื่อ WIMPs ซึ่งเป็นสสารมืดที่ก่อรูปเป็น halo (แปลตรงตามศัพท์ได้ว่า วงแหวนแสงบนศีรษะ เทวดา) โอบอุ้มรอบกาแล็กซี่ทางช้างเผือกของเราอยู่ ทำอันตรกิริยากับนิวเคลียสของธาตุในตัวตรวจจับ

นักวิจัยคาดว่า เมื่อระบบสุริยะของเราเคลื่อนที่ผ่านไป halo ของกาแล็กซี่ วงโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์จะทำให้โลกเคลื่อนที่ทวนหรือตาม “กระแสลม” ที่ท่วมทับของ WIMPs ในหนึ่งรอบปี นี่หมายความว่า อัตราการเกิดแสงแวบใน DAMA ในเดือนกรกฎาคมจะมากกว่าเดือนธันวาคม

ในปี 2000 จากการใช้หัววัดสารเรืองแสงโซเดียมไอโอไดด์ขนาด 100 กิโลกรัม ทีม DAMA ได้ค้นพบและเปิดเผย วงจรแปรผันประจำปี (annual modulation) ชนิดหนึ่ง (ดูรูปที่ 1) นักวิจัยอ้างว่าผลการทดลองนี้เป็นการแสดงว่า WIMPs มีมวลอยู่ในช่วง 44-62 GeV โดยในขอบเขตด้านมวลเบาดตรงกับที่ทฤษฎีทำนายไว้ในระดับความเชื่อมั่นถึง 6.3s (หรือ หนึ่งในพันล้าน) ทั้งๆ ที่ได้ผลในระดับความเชื่อมั่นสูง แต่ผู้สังเกตข้อมูลดังกล่าวหลายคนคิดว่านี่อาจเป็นผลจากสิ่งแปลกปลอมอื่นๆ รอบกวน เช่น อุณหภูมิของสภาพ

แวดล้อม ทีม DAMA ก็ได้ตอบสนองโดยการเพิ่มขนาดหัววัดโซเดียมไอโอไดด์เป็น 250 กิโลกรัม ทีมวิจัยอ้างในการประชุมที่เมืองเวนิส กลางเดือนเมษายนว่าการพัฒนาเครื่องมือนี้จะสามารถยืนยันการมีอยู่ของ WIMP ในระดับความเชื่อมั่นถึง 8.2s (arXiv: 0804.2738 และ arXiv: 0804.2741) แม้กระนั้น นักวิจัยอื่นๆ ก็ยังคงไม่เชื่อมั่น Henrique Araujo แห่ง ZEPLIN-III ซึ่งเป็นโครงการทดลองวิจัย WIMP ของสหราชอาณาจักร กล่าวว่า “ไม่มีใครได้แย้งผลการค้นพบวงจรแปรผันประจำปี แต่ชุมชนนักวิจัยสสารมืดจำเป็นต้องค้นหาต่อไปว่า แล้วสสารมืดมาเกี่ยวข้องกับอะไร”

สำหรับวงจรแปรผันประจำปียังมีคำอธิบายที่เป็นไปได้แบบอื่นๆ อีก เช่น แสงแวบดังกล่าวอาจเกิดจาก axion อนุภาคสมมุติฐานที่คาดการณ์ไว้เพื่อแก้ปัญหา “strong-CP” (ความไม่สมมาตรในการแปลง charge conjugation และ parity ควบคู่กัน ในทฤษฎีของระบบอันตรกิริยาแบบเข้ม) ในทฤษฎีอันตรกิริยาแบบเข้มตั้งแต่ปลายทศวรรษ 1970 หรืออาจเป็นไปได้ว่าแสงแวบนั้นไม่ได้เกิดจากอันตรกิริยากับนิวเคลียสเลย แต่เกิดจากที่มีบางอนุภาคให้อิเล็กตรอนกระเจิงออกมา



Simplified schema of ~ 100 kg NaI(Tl) set-up

สรุปข่าว

สรุปผลการประชุมเสวนา “ผลกระทบของการคัดเข้ามหาวิทยาลัยโดยวิธี Admissions ต่อการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียน/นิสิต/นักศึกษา” (ตอนที่ 1/2)

รายงานโดยผู้สื่อข่าวพิเศษ: พรรัตน์ วัฒนกลีวิษฐ์

จากการประชุมเสวนาในหัวข้อ “ผลการสอบ Admissions ต่อการเรียนฟิสิกส์ของนิสิตและนักศึกษา” ณ อาคารมหามกุฏ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในระหว่างวันที่ 15-16 พฤษภาคม 2551 โดยมีคณาจารย์ผู้สอนฟิสิกส์ทั้งในระดับอุดมศึกษา และมัธยมศึกษาตอนปลายมากกว่า 50 คน ได้เข้าร่วมเสวนา ผลกระทบของวิธีการรับนักเรียนเข้าศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษา ในระบบแอดมิชชันกลาง (Central University Admission System) ที่มีผลกระทบต่อวิธีการเรียนการสอนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมีครูระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากสี่โรงเรียนชั้นนำ ในกรุงเทพฯ มาร่วมเสนอข้อคิดเห็นเกี่ยวกับการเรียนการสอนในยุคที่มีระบบประกันคุณภาพดีกรอบความเป็นครู ส่วนในช่วงบ่ายนั้น ได้ยกเวทีให้แก่คณาจารย์ฟิสิกส์ที่มีประสบการณ์สอนฟิสิกส์ สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 1 จากมหาวิทยาลัยทั้งในกรุงเทพฯ และจากภูมิภาคต่างๆ มาอภิปรายผลกระทบที่เกิดขึ้นกับการสอนฟิสิกส์ ในระดับมหาวิทยาลัย โดยผู้เขียนขอสรุปประเด็นสำคัญ ๆ ที่ได้ ออกมาจากที่ประชุมในช่วงวันแรกดังนี้

1) ปัญหาเกรดของนักเรียนไม่สอดคล้องกับความสามารถจริง

เรียกปัญหานี้ง่ายๆ ว่า **ปัญหาเกรดเฟ้อ** ปัญหานี้เป็นผลมาจากนโยบายทางการศึกษาและการประกันคุณภาพสถานศึกษาในปัจจุบัน และผลจากการใช้เกรดเฉลี่ยเป็นส่วนประกอบในการรับเข้า ของระบบกลางหรือระบบ Admissions กล่าวคือ

นโยบายทางการศึกษาและการประกันคุณภาพสถานศึกษาในปัจจุบัน

ในปัจจุบันนโยบายทางการศึกษามีการกำหนดเกณฑ์ สัดส่วนของคะแนนเก็บระหว่างภาคต่อคะแนนสอบปลายภาคที่มาก

เช่น 70:30 หรือ 80:20 ทำให้ไม่สามารถประเมินความรู้ความสามารถ ของนักเรียนได้อย่างแท้จริง เนื่องจากคะแนนเก็บระหว่างภาค อาจอยู่ในรูปของการทำรายงานกลุ่มหรือการบ้าน ซึ่งนักเรียน บางคนอาจไม่ได้มีส่วนร่วมในงานนั้นเลย หรืออาจลอกการบ้าน เพื่อนมาส่ง ส่งผลให้นักเรียนเกือบทุกคนมีคะแนนเก็บเกือบเต็ม ได้เกรด 3 มาแล้วโดยที่ยังไม่ต้องทำข้อสอบ เกรดที่ได้จึงไม่สะท้อน ถึงความรู้ความสามารถที่แท้จริงของนักเรียน

นอกจากนี้เกณฑ์ที่กำหนดให้จำนวนนักเรียนที่ได้เกรด 3-4 ต้องไม่น้อยกว่า 75% ของจำนวนนักเรียนในแต่ละระดับชั้น จึงจะถือว่าผ่านเกณฑ์การประเมิน ทำให้ครูผู้สอนจำใจต้องปล่อย เกรด มิฉะนั้นก็จะได้รับการตำหนิจากผู้บริหารและอาจจะไม่ผ่าน การประเมินคุณภาพสถานศึกษา

นโยบายที่ให้นักเรียนตกไม่ได้ ทำให้นักเรียนไม่ตั้งใจ เรียน เพราะรู้ว่าที่สุดแล้วไม่ว่าจะอย่างไรครูก็ให้ผ่านอย่างแน่นอน แม้ว่าจะเป็น การผ่านที่ไม่ได้สะท้อนความสามารถที่แท้จริงของ นักเรียน เช่น ผ่านเพราะครูเบื่อก็จะทำให้ซ่อมอีกต่อไปแล้วก็ตาม การที่มีนักเรียนตกจึงเป็นภาระและความทุกข์ทรมานสำหรับครู มากกว่านักเรียน

การใช้ GPA ในการคิดคะแนน Admissions

สำหรับการนำเกรดเฉลี่ยมาคิดคะแนนนั้น **มีวัตถุประสงค์ เพื่อลดการเรียนพิเศษนอกห้องเรียน** แต่ในทางปฏิบัตินั้นมี ผลกระทบดังนี้ ครูฟิสิกส์ได้กล่าวถึงประเด็นเกี่ยวกับการวัดและ ประเมินผลการเรียนที่ลำบากขึ้น เนื่องจาก GPA ของนักเรียนมี ผลต่อการคิดคะแนน Admissions ทำให้ นักเรียนเน้นการทำเกรด มากกว่าต้องการได้ความรู้ มีการอ่อนน้อมขอคะแนนมากขึ้นทั้ง ทางตรงและทางอ้อมโดยผ่านทางผู้ปกครอง นักเรียนมีแนวโน้ม

สรุปข่าว



สรุปข่าว



ที่จะทุจริตในการสอบมากขึ้น เพียงเพื่อต้องการได้คะแนนดี ๆ นอกจากนี้การเพิ่มความสำคัญของ GPA ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการให้นักเรียนสนใจการเรียนในห้องมากขึ้นและลดความสำคัญของการกวดวิชา แต่ในทางปฏิบัตินักเรียนกลับกวดวิชามากขึ้นคือกวดวิชากับครูในโรงเรียนเพื่อให้ทำข้อสอบที่โรงเรียนได้และกวดวิชานอกโรงเรียนเพื่อให้สอบแข่งขันได้ ผลกระทบของการใช้ GPA อีกประการคือ GPA ของโรงเรียนไม่ได้อยู่ในมาตรฐานเดียวกัน และไม่ได้แสดงให้เห็นถึงความสามารถของนักเรียน ทำให้ครูบางท่านต้องปล่อยเกรด ไม่เช่นนั้นนักเรียนของตนเองจะไม่สามารถทำคะแนนได้ดีเท่ากับโรงเรียนอื่นๆ

2) ปัญหาจากการรวมวิชาฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา โลกและดาราศาสตร์ เป็นวิชาวิทยาศาสตร์ 1 วิชา

สำหรับโอเน็ตคิดคะแนนสอบโดยรวมคะแนนฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา โลกและดาราศาสตร์ เป็นคะแนนวิชาวิทยาศาสตร์ 1 วิชา 100 คะแนน ส่วนเอเน็ตคิดคะแนนฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา เป็นวิทยาศาสตร์สาระเพิ่มเติม 100 คะแนน (นิยมเรียกว่า 4 ตัว 100 และ 3 ตัว 100 ตามลำดับ) การคิดคะแนนรวมแบบนี้ทำให้นักเรียนไม่เห็นความสำคัญกับการเรียนเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ในส่วนเพิ่มเติมที่ต้องใช้ในการสอบทั้งโอเน็ตและเอเน็ต เพราะเรียนที่ยาก ใช้เวลาเรียนก็มาก แต่คิดน้ำหนักคะแนนเพียง 1 ใน 3 เท่านั้นเมื่อเทียบกับคะแนนวิชาสังคมหรือภาษาไทย ซึ่งคิดน้ำหนักคะแนน 100% เต็มในแต่ละวิชา จึงมีการกวดวิชาสังคมและภาษาไทยเพิ่มขึ้นอย่างมากเมื่อเทียบกับระบบสอบเข้าแบบเดิม ที่ให้ความสำคัญกับวิชาฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา เทียบเท่าวิชาสังคมและภาษาไทย

3) ปัญหาจากนักเรียนและผู้สอน

ครูฟิสิกส์มีการเสนอว่าปัญหาส่วนหนึ่งนั้นก็มาจากตัวผู้เรียนด้วยเช่นกัน ตัวอย่างเช่น นักเรียนไม่สนใจ ไม่ใส่ใจในการเรียนเมื่อเทียบกับนักเรียนสมัยก่อน ไม่ทบทวนเนื้อหาที่เรียน ขาดความมุ่งมั่นและความอดทนในการเรียน ทำให้พื้นฐานความรู้ไม่ดี นอกจากนี้ปัญหาที่เกี่ยวกับตัวครูผู้สอนฟิสิกส์ เช่น ครูผู้สอนไม่ได้จบจากฟิสิกส์โดยตรง ทำให้ไม่สามารถหรืออาจจะไม่กล้าสอนในบางหัวข้อ ในปัจจุบันจำนวนนักเรียนต่อครูผู้สอนมีมากเกินไป ทำให้ภาระงานมีมากเกินไปทั้งงานสอนและงานอื่นๆ นอกจากการสอน ครูบางโรงเรียนเลือกที่จะสอนในเนื้อหาวิชาที่จะต้องใช้ในการสอบโอเน็ตและเอเน็ตเท่านั้น หรือครูสอนในห้องไม่ครบเพื่อนำเนื้อหาไปสอนพิเศษนอกห้องเรียน

จากปัญหาเหล่านี้ได้ส่งผลกระทบต่อการศึกษาของนักศึกษาที่สอบเข้ามาด้วยระบบ Admissions ในมหาวิทยาลัยแล้ว โดยคณาจารย์จากมหาวิทยาลัยต่างๆ ได้กล่าวถึงผลกระทบที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันดังนี้

ผลกระทบของการรับนักเรียนเข้าศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาด้วยระบบ Admissions ที่มีต่อการเรียนการสอนในระดับอุดมศึกษา

เนื่องจากโอเน็ตไม่ได้ออกแบบมาสำหรับการคัดเลือกนักเรียนเพื่อศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษา ทำให้เนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ในการวัดผลของโอเน็ตไม่เพียงพอในการศึกษาต่อในระดับปีหนึ่งสาขาวิทยาศาสตร์ในมหาวิทยาลัย นอกจากนี้ไม่มีการกำหนดเกณฑ์ต่ำสุดของโอเน็ตและเอเน็ตในการสมัครสอบเข้ามหาวิทยาลัย ประกอบกับเกรด 3-4 ของนักเรียนในระดับมัธยมปลายไม่สอดคล้องกับความสามารถที่แท้จริงของนักเรียน เมื่อมาเรียนในระดับมหาวิทยาลัย เช่น นิสิตที่ได้ F หรือตอนวิชาฟิสิกส์ทั่วไป ส่วนใหญ่ก็ได้เกรด 3-4 ในระดับมัธยมปลายทั้งสิ้น (กรุณาอ่านบทความ “เวลาเปลี่ยน..คะแนนฟิสิกส์เธอเปลี่ยน..ช่างอะไรใครหนอใครทำ?” ในหน้า 19) ทำให้นักเรียนที่สอบได้มีพื้นฐานความรู้ที่จำเป็นต่อการเรียนในคณะวิทยาศาสตร์ไม่ดี นักเรียนบางคนสอบติดคณะวิทยาศาสตร์ทั้ง ๆ ที่คะแนนเอเน็ตไม่ถึง 30% ลำพังเพียงคะแนนโอเน็ตบวกกับ GPA ก็สามารรถเข้าคณะวิทยาศาสตร์ได้แล้ว ข้อสังเกตอีกอย่างคือคุณภาพของนิสิต นักศึกษาที่เข้ามาด้วยระบบ Admissions ต่ำกว่าที่เข้ามาด้วยระบบเอ็นทรานซ์แบบเดิมอย่างมีนัยสำคัญ จำนวนนิสิต นักศึกษาที่สอบวิชาฟิสิกส์ได้คะแนนต่ำ ๆ มีมากขึ้น แต่ที่สอบได้คะแนนสูง ๆ กลับลดลง

สรุปข่าว

ปัญหานี้เป็นปัญหาใหญ่ที่อาจจะส่งผลกระทบต่อวงการฟิสิกส์ของประเทศและนิสิต/นักศึกษาที่ต้องใช้วิชาฟิสิกส์เป็นพื้นฐานในระยขาว ผู้เขียนขออภิปรายแนวทางการรับมือกับปัญหานี้ทั้งในเชิงรับและเชิงรุกในฉบับหน้า

จากกันด้วยวาเตะเต็ๆ เฟ็ๆ มั้ๆ จากที่ประชุม

“ผมเสียเวลากับวิชาวิทยาศาสตร์มามากพอแล้ว”

“เรียนตามอัยยาศัย อยากเรียนก็เรียน ไม่อยากเรียนก็ไม่เรียน”

“เกรด 3-4 ต้องมากกว่า 75% จึงจะผ่านการประเมินค่ายชช.เดี่ยวโรงเรียนจัดให้”

“ครูไม่ได้เจตนาเลี้ยงเด็กให้ขี้ขลาดเสียข”

“เด็กตกไม่ได้ เลยไม่ต้องให้เด็กตก”

“ครูไม่อยากทำ แต่ก็จำใจทำ”

“ครูหนักใจกับปัญหาที่เกิดขึ้นมาก แต่ก็ไม่รู้จะทำขง”

“ผมทำผ้าดิบให้เป็นผ้าไหมไม่ได้ แต่จะทำให้เป็นผ้าดิบ

ที่นุ่มขึ้นก็แล้วกัน”

“อาจารย์ข่า หนูทำโจทย์ที่อาจารย์ถามไม่ได้ละ หนูขออนุญาตทำข้อสอบปีที่แล้วแทนละกันนะข”

“มีคนบอกว่า ถ้าอยากเห็นการศึกษาไทยตกต่ำ ก็ให้เก็บสมศ. กับ Onet ไว้”

“ต้องปรับ ไม่ปรับไม่ได้”

“อยากให้ หน่วยเหนือ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการศึกษามานั่งฟังด้วย ถ้ามีการจัดครั้งต่อไป”

“เมื่อไหร่ักเรียนจะเข้าเรียนมหาวิทยาลัยของรัฐ

โดยไม่ต้องสอบเลย”

“เด็กก็ถูกคัดมาแล้ว ให้เกรด 3 หรือ 4 เลยได้ไหม”

“ถ้ายังอยากจะทำอย่างนี้ ปีหน้าก็ไม่ต้องเองประมาณ”

“โรงเรียนเราต้องคิดเรื่องปล่อยเกรดบ้างแล้ว ไม่อย่างนั้นจะเสียเปรียบโรงเรียนอื่น”



ถ่ายจากหนังสือพิมพ์มติชนรายวัน วันเสาร์ที่ 26 กรกฎาคม 2551

เรื่องเด่นประจำฉบับ

เทคโนโลยีชีววิศวกรรมลำไออน

สมบูรณ์ อนันตลาโภชัย¹⁾ สมสร สิงขรัตน์²⁾ และ อธิพัฒน์ วิสัยทอง²⁾

1. บทนำ

นาย บัน ที-มุน เลขานุการองค์การสหประชาชาติได้ปาฐกถาเรียกร้องไว้เมื่อวันที่ 3 มีนาคม 2551 ที่กรุงโรมในคราวการประชุมเกี่ยวกับวิกฤตการณ์อาหารโลกว่า “ขอให้ช่วยกันเพิ่มผลผลิตอาหาร โดยด่วน”

ส่วนวิกฤตการณ์ราคาน้ำมันที่ยังไม่มีทีท่าว่าจะดีขึ้นเลย น้ำมันยังคงแพงขึ้นแทบทุกวัน ก็บีบบังคับให้ต้องแบ่งใช้พื้นที่ในการปลูกพืชที่ใช้ทำ biofuel ได้เพิ่มขึ้น เช่นที่ประเทศบราซิลปลูกอ้อยสำหรับเอทานอลปลูกข้าวโพด หรือ มาเลเซียปลูกปาล์มน้ำมัน เป็นต้น

ตกลงว่าควรใช้พื้นที่ที่มีอยู่จำกัดปลูกอ้อยหรือปลูกข้าว ?

การแก้ปัญหาจำเป็นต้องใช้วิทยาศาสตร์เข้าเสริมเช่น โดยการพัฒนาพันธุ์พืชใหม่ๆที่ให้ผลผลิตอาหารและ / หรือเซลลูโลสสูง(เพื่อผลิตแอลกอฮอล์) ที่ไม่ไวแสง ทนแล้ง ทนโรค-แมลง หรือสามารถต่อกรกับสภาวะโลกร้อนได้ดี การพัฒนาพันธุ์ที่รวดเร็วทางหนึ่งก็คือการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ (induced mutation)

2. การปรับปรุงพันธุ์พืช

การปรับปรุงพันธุ์พืชอย่างเป็นวิทยาศาสตร์อาจถือได้ว่า Gregor Mendel เป็นผู้บุกเบิกไว้ตั้งแต่เมื่อปี ค.ศ. 1856 มีเป้าหมายเป็นการรวมลักษณะทางพันธุกรรมที่ต้องการนำมาไว้ในพืชนั้น เพื่อให้เกิดลักษณะที่ดี ซึ่งโดยธรรมชาติเกิดจากการผสมพันธุ์ แต่ในบางพืชนั้นการผสมข้ามเป็นเรื่องที่มีความยุ่งยากมาก ดังนั้นการก่อให้เกิดลักษณะใหม่ๆ จึงมีโอกาสน้อยตามไปด้วย โดยเฉพาะในพืชผสมตัวเอง เช่น ผักกาดหอม มีปัญหาด้านการผสมข้ามเป็นอย่างมากเนื่องจากขนาดดอกเล็ก โครงสร้างและที่ตั้งของเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียทำให้โอกาสการผสมตัวเองเกิดได้ยาก อีกทั้งพืชชนิดนี้จะมียางเหนียวเกิดขึ้นเมื่อเซลล์ถูกทำลาย ซึ่งลักษณะดังกล่าวเป็นอุปสรรคอย่างมากในการผสม

แต่พืชก็อาจเกิดการกลายพันธุ์ (mutation) ได้ซึ่งสาเหตุในธรรมชาติประการหนึ่งก็คือรังสีคอสมิก (cosmic rays) จากนอกโลก แต่มีโอกาสเกิดขึ้นน้อยมาก จนถึงประมาณปลายปี ค.ศ. 1920 นักวิทยาศาสตร์ก็ได้พบวิธีเร่งการกลายพันธุ์ให้เกิดเร็วขึ้นโดยใช้รังสีเอกซ์ นับแต่นั้นมาเทคนิคนี้ก็ได้รับการพัฒนาคัดแปลงออกไปอีกหลากหลาย ดังแสดงตัวอย่างในตารางที่ 1 สำหรับการปรับปรุงพันธุ์โดยการกลายพันธุ์ของประเทศไทย มีความสำเร็จเกิดขึ้นมากในงานด้านไม้ดอกเช่น แพร่เชิงฮั่ว, ปทุมมา, บัวจีน, ช่อนกลั่นไทย, เบญจมาศ, แก้วฮวย, การ์เนชั่น, กล้วยหอมทอง KU, หน่อไม้ฝรั่ง, ข้าว, ถั่วเขียว, ถั่วเหลือง เป็นต้น แสดงให้เห็นว่าการปรับปรุงพันธุ์โดยการกลายพันธุ์ เป็นเทคนิคที่รู้จัก ยอมรับ และใช้กันอย่างแพร่หลาย เป็นเทคนิคที่ช่วยเปิดโอกาสให้นักปรับปรุงพันธุ์ได้มีโอกาสคัดเลือกลักษณะที่ดีเพื่อนำมาใช้โดยตรงหรือเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการปรับปรุงพันธุ์โดยการผสมพันธุ์ต่อไป การกระตุ้นให้เกิดการกลายพันธุ์จะเป็นประโยชน์อย่างมากในพืชที่มีการกระจายตัวตามธรรมชาติ โดยเฉพาะพืชกลุ่มที่ผสมตัวเอง อันเป็นการเพิ่มฐานพันธุกรรมให้กว้างขวางยิ่งขึ้น จะเป็นทางเลือกในการนำมาใช้ในการผสมพันธุ์ต่อไป

การใช้เทคนิคชักนำด้วยรังสีแกมมาดังที่เห็นในตารางที่ 1 ไม่ใช่ของใหม่สำหรับประเทศไทยเลยเพราะตั้งแต่ปี ค.ศ. 1965 กรมการข้าวของกระทรวงเกษตรฯ ก็ได้เคยใช้รังสีแกมมาในการปรับปรุงพันธุ์ข้าว เกิดเป็นข้าว “กข” หลายรุ่น ต่อมาได้มีการนำไปใช้กับดอกไม้ด้วย เช่น ดอกพุทธรักษา เป็นต้น ปัจจุบันหน่วยงานหลักที่ร่วมวิจัยค้นคว้าทางด้านนี้คือ สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ [2] และ ศูนย์บริการฉายรังสีแกมมาและวิจัยนิวเคลียร์เทคโนโลยี ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (มีแหล่งกำเนิดรังสีแกมมา 2 ชนิดคือ ชนิดพลังงานประมาณ 1.2 MeV ผลิตจากโคบอลต์-60 (Co-60) ความแรง 800 คูรี และรังสีแกมมาพลังงาน 0.662 MeV ผลิตจากซีเซียม-137 ความแรง 4,500 คูรี) [3]

¹⁾ ห้องปฏิบัติการอนุชีววิทยาโมเลกุล ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

²⁾ ศูนย์วิจัยนิวตรอนพลังงานสูง ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เรื่องเด่นประจำฉบับ

ตารางที่ 1 แสดงพันธุ์พืชต่างชนิดที่ถูกชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ด้วยวิธีต่างๆ [1]

พืชเพาะปลูก	สายพันธุ์	วิธีที่ใช้ชักนำ
Rice	Calrose 76	รังสีแกมมา
Wheat	Lewis	รังสีนิวตรอนพลังงานต่ำ
Oats	Alamo-X	รังสีเอกซ์
Grapefruit	Rio Red	รังสีนิวตรอนพลังงานต่ำ
	Star Ruby	รังสีนิวตรอนพลังงานต่ำ
Burmuda grass	Tifeagle	รังสีแกมมา
	Tifgreen II	รังสีแกมมา
	Tift 94	รังสีแกมมา
	Tifway II	รังสีแกมมา
Lettuce	Ice Cube	ethyl methanesulphonate
	Mini-Green	ethyl methanesulphonate
Common bean	Seafarer	รังสีเอกซ์
	Seaway	รังสีเอกซ์
Lilac	Prairie Petite	รังสีนิวตรอนพลังงานต่ำ
St. Augustine grass	TXSA 8202	รังสีแกมมา
	TXSA 8212	รังสีแกมมา

ต่อมาได้มีการนำลำโอดอนมาใช้ด้วยซึ่งสามารถชักนำให้ข้าวโพดสามารถออก 2 ฝักตรงฐานใบที่ตำแหน่งเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 1 ในขณะที่พันธุ์ทั่วไปจะเกิดฝักเดียว ทำให้ได้ผลผลิตต่อต้นสูงขึ้น

3. บทบาทของอนุภาคประจุไฟฟ้าที่มีความเร็ว

เมื่ออนุภาคประจุไฟฟ้าตัวหนึ่งที่มีพลังงานจลน์พอสมควรระดับหนึ่ง (แต่ยังไม่สูงพอจนทำให้เกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ได้) เป็นเหมือนกระสุนประจุไฟฟ้า วิ่งทะลวงเข้าไปในเป้าที่เป็นวัตถุมวลเบาชนิดหนึ่ง จะเกิดกระบวนการที่สำคัญที่มีศักยภาพส่งผลกระเทือนต่อเนื่องขึ้น 2 อย่าง ทั้งนี้เพราะอนุภาคกระสุนประจุไฟฟ้า



รูปที่ 1 (ซ้าย) ข้าวโพดพันธุ์กลายที่เกิดจากการชักนำด้วยไอออนไนโตรเจน ซึ่งออกฝักตรงฐานใบที่ตำแหน่งเดียวกันของต้น ในขณะที่พันธุ์ทั่วไป (ขวา) จะออกฝักข้าวโพดสลับไปมาไม่อยู่ในตำแหน่งเดียวกัน [4]

ตัวปฐมฤกษ์นี้เอาพลังไฟฟ้าและพลังงานจลน์ของตัวเองไปกระตุ้นอะตอมหรือโมเลกุลของวัตถุเป้าให้เปลี่ยนจากสถานะปกติไปอยู่ในสถานะโลด เรียกว่า การ excitation หรือ ปลดปล่อยให้อิเล็กตรอนบางตัวหลุดพ้นเป็นอิสระ เรียกว่า การ ionization เกิดเป็นอนุภาคประจุไฟฟ้าทุติยภูมิ(ชนิดประจุไฟฟ้าลบ-มวลเบามาก)ที่มีพลังงานจลน์ หรือเป็นการชนโดยตรงกับนิวเคลียสของอะตอม ทำให้นิวเคลียสเกิดมีการเคลื่อนที่ขึ้นมาได้ กลายเป็นอนุภาคประจุไฟฟ้าทุติยภูมิ(ชนิดประจุไฟฟ้าบวก-มวลหนัก)ที่มีพลังงานจลน์ได้อีกชนิดหนึ่ง พวกอนุภาคทุติยภูมินี้เหล่านี้สามารถเหนี่ยวนำให้เกิดการexcitation/ionizationต่อได้ด้วย ในขณะเดียวกัน อนุภาคกระสุนประจุไฟฟ้าตัวปฐมภูมิก็จะมีพลังงานจลน์ลดลงไปเรื่อยๆ เพราะการสูญเสียพลังงานไปแบบดังกล่าวตามแนวทางที่วิ่งลึกเข้าไป ในตัวกลาง จนในที่สุดก็สูญไปหมด(ถ้าวัตถุเป้าหมายพอ) ระยะทางไกลสุดที่อนุภาคประจุปฐมภูมิจึงเข้าไปได้ นับจากผิวของวัตถุเป้าเรียกว่า พิสัย (range) และค่าพลังงานที่อนุภาคประจุไฟฟ้าสูญเสียไปในแต่ละหนึ่งหน่วยความยาว ตามแนวทางที่วิ่งผ่านไป ในวัตถุเป้าเรียกว่า ค่า LET (Linear Energy Transfer) ขนาดของค่าทั้งสองได้แสดงตัวอย่างไว้ใน ตารางที่ 2 ซึ่งสรุปสั้นๆ ได้ว่า ถ้าเป็นวัตถุเป้าชนิดเดียวกัน ค่า LET จะแปรผันโดยตรงกับมวล และ (ค่าประจุไฟฟ้า)² ของนิวเคลียส ของอนุภาคประจุไฟฟ้า แต่จะแปรผันแบบผกผันกับพลังงานจลน์ของอนุภาค อนุภาคที่มีมวลและประจุไฟฟ้าประจำตัวต่ำ เช่นอิเล็กตรอนจึงมีค่า LET ต่ำกว่า

เรื่องเด่นประจำฉบับ

ตารางที่ 2 แสดงตัวอย่างค่า LET และ พิสัยของอนุภาคบางชนิดในวัสดุเป่าที่เป็นน้ำ

ชนิดของอนุภาค	มวล	ค่าประจุไฟฟ้า	พลังงานจลน์ (MeV)	ค่าLET (keV/ μ)	พิสัยเฉลี่ย (มม.)
ไอออนในโครเจน	14 m	+7e	0.1	380	7×10^{-5} (= 70 nm)
อัลฟา	4m	+2e	5	90	0.033
			3	130	0.01
โปรตอน	m	+1e	5	8	0.35
			3	12	0.15
			0.025	65	4.5×10^{-4} (= 0.45 μ)
อิเล็กตรอน	m/1836	-1e	3	0.2	15
			0.5	0.3	1.8
รังสีแกมมาจาก Co-60	0	0	~ 1.2	0.2	100

หมายเหตุ : $1 \mu = 1,000 \text{ nm} = 1/1,000 \text{ มม.}$

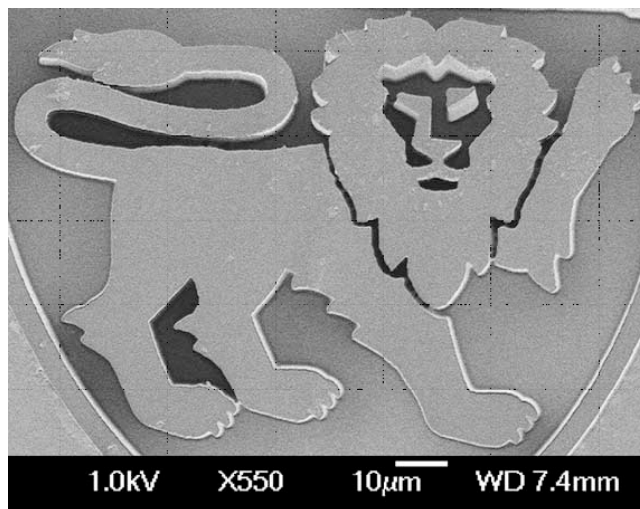
อนุภาคอัลฟามาก (และจึงมีพิสัยยาวกว่า) ซึ่งส่งผลให้อนุภาคอัลฟาเกิดการ excitation/ionization ได้รุนแรงกว่าอนุภาคอิเล็กตรอนมาก นักการเกิด excitation/ionization ตรงบริเวณใด ส่งผลให้คุณสมบัติของวัสดุเป่าตรงจุดนั้นเปลี่ยนแปลงไปอย่างมากได้ ศักยภาพนี้ของอนุภาคประจุไฟฟ้าได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในหลายลักษณะ ดังเช่นตัวอย่างในรูปที่ 2

สำหรับกรณีของวัสดุเป่าที่เป็นเนื้อเยื่อที่มีชีวิต ซึ่งมีน้ำเป็นองค์ประกอบสำคัญและมี DNA หรือ chromosome อยู่ด้วย จึงมีโอกาสว่า อนุภาคประจุไฟฟ้า ทำให้ เกิดการ excitation / ionization กับ DNA โดยตรง หรือ กับโมเลกุลข้างเคียง เช่น H_2O ที่อาจทำให้ กลายสภาพเป็นอนุมูลอิสระ เช่น H_2O^+ หรือ OH ซึ่งจะเข้าไปผนวกกับ DNA ที่อยู่ใกล้ๆ ที่สามารถทำลายพันธะของหมู่ฟอสเฟต ทำให้เกิดการแตกหักของสาย DNA (strand breaking) หรืออาจมีผลไปสลายพันธะระหว่างเบสในนิวคลีโอไทด์ ซึ่งนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงลำดับเบสบนสาย DNA เหล่านี้ล้วนแล้วแต่เป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดการกลายพันธุ์ได้

4. ความแตกต่างระหว่างรังสีแกมมากับไอออน

รังสีแกมมาก็คือแสงที่มีพลังงานสูงกว่าแสงจากหลอดไฟทั่วไปเป็นล้านเท่า ซึ่งผลผลิตออกมาจากนิวเคลียสของสารกัมมันตรังสีเท่านั้น เช่น ไอโซโทปโคบอลต์-60 หรือ ซีเซียม-137 เป็นต้น

เมื่อมองให้ลึกลงไปว่าแสงมีคุณสมบัติทวิภาคที่เป็นได้ทั้งคลื่น(wave)หรืออนุภาคโฟตอน(photon) ดังนั้นแสงพลังงานสูงมาก



รูปที่ 2 ภาพถ่ายขยายตราสัญลักษณ์ประจำมหาวิทยาลัย National University of Singapore ของจริงมีขนาดเล็กมากซึ่งถูกวาดด้วยลำอนุภาคโปรตอนพลังงาน 2 MeV โดยเขียนลงบนพอลิเมอร์ชนิด SU-8 [5] ซึ่งเฉพาะตรงจุดที่ถูกยิงด้วยลำอนุภาคโปรตอน จะเกิดการ cross linking คือ โมเลกุลของพอลิเมอร์เข้ามาพัวพันกันหนาแน่นเพิ่มขึ้นด้วยอิทธิพลของกระบวนการต่างๆ ที่กล่าวมาเมื่อนำไปแช่ในสารเคมีบางชนิด เฉพาะตำแหน่งที่ไม่เกิด cross linking จะถูกกัดออกไป เหลือไว้แต่ส่วนที่ถูกยิงด้วยอนุภาคโปรตอน (พอลิเมอร์อีกบางชนิดเช่น PMMA จะเกิดผลตรงกันข้ามคือจุดที่ถูกยิงด้วยลำอนุภาคประจุไฟฟ้าจะเกิด chain scission ที่หั่นสายโมเลกุลของพอลิเมอร์ให้สั้นลง) ขอให้สังเกตว่าเส้นลวดลายบางช่วงแคบกว่า 5 ไมครอนเสียอีก ซึ่งเป็นจุดเด่นของลำอนุภาคประจุไฟฟ้าเช่น โปร-ตอนที่สามารถโฟกัสให้มีขนาดเล็กเป็นระดับไมครอนได้ ในขณะที่รังสีแกมมาหรือรังสีเอกซ์นั้นโฟกัสไม่ได้ อนึ่งโมเลกุลของพอลิเมอร์เหล่านี้ก็มีขนาดเล็กใกล้เคียงกับโมเลกุล DNA

ก็คือฝูงอนุภาคโฟตอนพลังงานสูงนั่นเอง แต่อนุภาคโฟตอนนั้นไม่มีทั้งประจุไฟฟ้าและมวล (คงมีแต่โมเมนตัมเชิงเส้น) แล้วจะทำให้เกิดผลเหมือนดังที่กล่าวมาในหัวข้อที่ 3 ได้อย่างไร จนสามารถใช้ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์หรือเซลล์มะเร็งได้

คำตอบก็คืออนุภาคโฟตอนอาศัยวัตถุนั้นเองช่วยผลิตอนุภาคประจุไฟฟ้าทุติยภูมิให้ ซึ่งในกรณีนี้ก็คืออนุภาคอิเล็กตรอนแต่เพียงประการเดียว กล่าวคืออนุภาคโฟตอนจะมีอันตรกิริยากับอะตอมของวัตถุเป่าโดยผ่านทางปรากฏการณ์ 3 แบบ คือ Photo-electric Effect และ/หรือ Compton Scattering และ/หรือ Pair Production ซึ่งล้วนผลิตอนุภาคอิเล็กตรอนอิสระให้และมีพลังงานจลน์มากพอที่จะก่อให้เกิดการ excitation/ ionization

เรื่องเด่นประจำฉบับ

ตามมาได้

แต่จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่ารังสีแกมมามีพิสัยสูงกว่าอนุภาคประจุไฟฟ้า-มวลหนักทั้งหลายเช่นโปรตอน อัลฟา และไอออน (คืออะตอมหรือโมเลกุลที่ได้รับเพิ่มหรือสูญเสียอิเล็กตรอนจากที่มีอยู่เดิม) มากมายหลายเท่า การจะเกิดปรากฏการณ์ทั้ง 3 ดังกล่าวในวัตถุเบาที่มีขนาดเล็กเช่น เมล็ดพืชจึงมีโอกาสต่ำมาก ทำให้ต้องใช้วิธีเพิ่มโอกาส ด้วยการเพิ่มความแรงของสารกัมมันตรังสี (ซึ่งมีราคาแพงระดับหลายล้านบาท และยังคงสร้างอาคารพิเศษให้ด้วยเพื่อความปลอดภัยของบุคลากร) และ/หรือ เพิ่มเวลาการฉายรังสี ในขณะที่จะนำมาใช้ในการบำบัดรักษามะเร็งได้ดีเพราะสามารถจะผ่านเข้าไปถึงก้อนเนื้อร้ายที่อยู่ลึกจากผิวหนังหลายเซนติเมตรได้

จุดอ่อนอีกประการหนึ่งก็อยู่ตรงที่ว่า อนุภาคอิเล็กตรอนอิสระที่อนุภาคโฟตอน(ของรังสีแกมมา)ใช้เป็น “สมุนมือขวา” แต่เพียงชนิดเดียวให้ไปก่อการ excitation / ionization แทนให้นั้นก็เป็นอนุภาคประจุไฟฟ้ามวลน้อยมาก (น้อยกว่าอนุภาคโปรตอน 1,836 เท่า) ที่มีค่า LET ต่ำมาก จึงมีพลังที่จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกับ DNA หรือ เซลล์ ต่ำไปด้วย

จุดด้อยทั้งสองประการนี้เป็นสาเหตุส่วนหนึ่งที่บางประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา คานาดา หรือ สวิตเซอร์แลนด์ ฯลฯ เปลี่ยนวิธีการบำบัดรักษามะเร็งของบางตำแหน่ง จากการฉายรังสีแกมมา เป็นการยิงด้วยลำอนุภาคโปรตอนพลังงานสูงที่ผลิตจากเครื่องเร่งอนุภาค [6]

5. การวิจัยในประเทศไทย

กลุ่มนักวิจัยที่มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประกอบด้วยนักฟิสิกส์จากศูนย์วิจัยนิวตรอนพลังงานสูง ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์, นักชีววิทยาจากห้องปฏิบัติการอนุชีววิทยาโมเลกุล ภาควิชาวิทยาศาสตร์, และ นักพืชสวน จากภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ ได้ร่วมกันค้นคว้าวิจัยในเรื่องเทคโนโลยีชีววิศวกรรมลำไอออนมาอย่างต่อเนื่องเป็นเวลากว่า 10 ปี [7,8,9] โดยเป็นการวิจัยแบบครบวงจรครอบคลุมถึงการสร้างเครื่องมือเอง (รูปที่ 3) การศึกษาหาคำตอบถึงอันตรกิริยาระหว่างไอออนกับผนังเซลล์ และเชื้อหุ้มเซลล์ของ พืช และ แบคทีเรีย รวมไปถึงการศึกษาการชักนำการกลายพันธุ์ในพืชต่างๆ ซึ่งได้ผลสัมฤทธิ์ที่น่าสนใจจำนวนมาก แต่ด้วยเนื้อที่จำกัดจึงจะยกตัวอย่างเพียงบางเรื่อง เช่น ใช้ไอออนไนโตรเจนชักนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีและรูปทรงดอกในดอกเยอร์บีร่า (รูปที่ปกหน้าและรูปที่ 4) และดอกชวนชม (รูปที่ 5) และสามารถชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ใน



รูปที่ 3 เครื่องเร่งอนุภาค / ไอออนขนาด 150 kV ที่สร้างขึ้นเองที่ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เพื่อนำมาใช้ในการชักนำการกลายพันธุ์ในพืช ถ้าซื้อจากต่างประเทศจะมีราคาประมาณ 25 ล้านบาท เนื่องจากเครื่องนี้ไม่เกี่ยวข้องกับรังสีที่มีอันตรายจึงอยู่ในอาคารธรรมดาได้

ข้าวหอมมะลิจนได้สายพันธุ์ใหม่ที่มีลักษณะ ต้นสูง, ต้นเตี้ย และต้นเตี้ย-เมล็ดสีม่วงเข้ม (รูปที่ 6) สายพันธุ์ต้นเตี้ยจะไม่ล้มง่าย ดังนั้นจะลดความเสียหายก่อนการเก็บเกี่ยวได้ สำหรับสายพันธุ์ต้นสูงมีจุดเด่นที่ออกรวงเร็วอีกทั้งมีแร่ธาตุจำพวกเหล็ก แมงกานีส และสังกะสีในปริมาณที่สูง ซึ่งล้วนมีคุณประโยชน์ต่อร่างกายเช่นธาตุเหล็กเกี่ยวข้องกับการผลิตเม็ดเลือดแดง ธาตุแมงกานีสช่วยในการสร้างเม็ดเลือดแดงและกระดูก พร้อมทั้งรักษาให้เซลล์อยู่ในสภาพสมบูรณ์ และควบคุมการทำงานของเอนไซม์หลายชนิด ส่วนธาตุสังกะสีมีบทบาทต่อระบบประสาท ภูมิคุ้มกันของร่างกาย ป้องกันอนุมูลอิสระ นอกจากนั้นยังช่วยชะลอความแก่ของเซลล์ให้ช้าลง การขาดสังกะสีก่อให้เกิดการเสื่อมสมรรถภาพทางเพศต่อลูกหมากโตเป็นต้น สำหรับสายพันธุ์ข้าวต้นเตี้ย-เมล็ดสีม่วงเข้ม (ภาพสีที่ปกหน้า) เป็นพันธุ์ที่ออกรวงเร็วและมีสารในกลุ่มของ anthocyanins ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ในปริมาณสูงที่มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็ง [10] นอกจากนั้นทั้ง 3 สายพันธุ์เป็นสายพันธุ์ที่ไม่ไวแสง คือสามารถปลูกได้ทั้งปีอีกด้วย จะเห็นได้ว่าเทคนิคชักนำการกลายพันธุ์ด้วยลำไอออนเป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพสูงและเป็นเทคนิคที่พัฒนาขึ้นโดยคนไทยแบบที่ยืนด้วยขาของตนเอง

6. สรุป

นักวิทยาศาสตร์คงแสดงความรับผิดชอบได้แต่ส่วนที่เกี่ยวข้อง นักการเมือง-นักกำหนดนโยบาย (policy maker) ต้องแสดง

เรื่องเด่นประจำฉบับ



รูปที่ 4 ดอกเยอร์บีร่าแบบแปดสองที่เกิดจากการชักนำการกลายพันธุ์ด้วยลำไอออนจากเครื่องเร่งอนุภาค / ไอออนในรูปที่ 3

บทบาทให้ชัดเจนด้วย ถ้าเรายังคงละเล้าเล่ง หรือ ตัดสินใจไม่เด็ดขาดในการลงมือ “ฆ่าตัดตอน” แต่ปล่อยให้ปัญหาการเสพยาติดน้ำมัน ปัญหาอาหารขาดแคลน ปัญหาประชากรล้น และ ปัญหาสิ่งแวดล้อมเสื่อม ยังคงเรื้อรังและสามารถเข้าเชื่อมประสานพลังกันได้สมบูรณ์เป็น “วงจรมหาวินาศ” ดาวเคราะห์สีฟ้าดวงนี้จะยังเป็นบ้านแห่งเดียวอันแสนสุขของลูกหลานเราหรือไม่ ?

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) เป็นอย่างสูงที่ได้กรุณาสับสนุนโครงการพัฒนาเครื่องเร่งอนุภาค/ไอออนและโครงการชีววิศวกรรมลำไอออน (Ion Beam Bioengineering, IBBE) นี้เป็นอย่างดีตลอดมาเป็นเวลาหลายปี

เอกสารอ้างอิง

1. <http://cls.casa.colostate.edu/TransgenicCrops/history.html>
2. <http://www.tint.or.th/application/apply-plant.html>
3. <http://www.sci.ku.ac.th/gamma/>
4. H. Feng, Z. Yu and P.K. Chu, “Ion implantation of organisms”, Materials Science and Engineering R54(2006)49-120.
5. C.N.B. Udalgama et al., Nucl. Instr. and Meth. B210(2003)256 – 259.
6. “Men with Prostate Cancer Feel Confident with Proton Therapy”, <http://www.proton-therapy.org/pr16.htm>



รูปที่ 5 ดอกชวนชมที่มีทั้งแบบ 4 กลีบ และ 5 กลีบ (ปกติ) ในต้นเดียวกัน (ดูภาพสีที่ปกหน้า)



รูปที่ 6 แสดงข้าวเจ้าพันธุ์กลายต้นเดี่ยว-เมล็ดสีม่วงเข้ม (ขาว) เทียบกับข้าวหอมมะลิต้นพ่อแม่ (ซ้าย) (ดูภาพสีที่ปกหน้า)

7. B. Phanchaisri, C. Chandet, L.D. Yu, T. Vilaithong, S. Jamjod and S. Anuntalabhochai, “Low-energy ion-beam-induced mutation in Thai jasmine rice (*Oryza sativa* L. cv. KDML 105)”, Surf. Coat. Technol. 201(2007)8024-8028.
8. S. Anuntalabhochai, R. Chandej, B. Phanchaisri, L.D. Yu, S. Promthep, S. Jamjod and T. Vilaithong, “Mutation induction in Thai purple rice by low energy ion beam”, 9th APAC, Hanoi, Vietnam, 25-31 October 2004, Applied Physics, 10-24C.
9. L.D. Yu, B. Phanchaisri, B. Apavatjirut, S. Anuntalabhochai, T. Vilaithong and I.G. Brown, “Some investigation of ion bombardment effects on plant cell wall surfaces”, Surf. Coat. Technol. 158-159 (2002) 146-150.
10. <http://www.oardc.ohio-state.edu/story.php?id=4247>

ชะตาชีวิตของเอกภพที่กำลังขยายตัวด้วยอัตราเร่ง*

วิเชียร ไกรวัฒนวงศ์¹⁾

เมื่อ 100 ปีก่อน ตรงกับปีค.ศ. 1908 เกิดมีความเข้าใจผิดอย่างมากที่นักวิทยาศาสตร์ ที่มีแนวความคิดว่า กาแล็กซีทางช้างเผือกเป็นเอกภพทั้งหมด และถือเสมือนว่าเป็น “เอกภพโดดเดี่ยว (Island Universe)” คล้ายกับกระจุกดาวที่ลอยอยู่ในอวกาศเว้าว่างที่ไม่สิ้นสุด แต่ปัจจุบัน เราทราบแล้วว่า กาแล็กซีของเราเป็นเพียงหนึ่งในจำนวนกว่า 4 แสนล้านกาแล็กซีในเอกภพที่เราสามารถสังเกตได้ด้วยเทคโนโลยีปัจจุบัน

การค้นพบมากมายในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาที่น่าสนใจมาก จากการที่นักดาราศาสตร์ 2 กลุ่มที่ศึกษาค้นคว้าการขยายตัวของเอกภพในช่วง 5 พันล้านปีที่ผ่านมา และพบว่าเอกภพกำลังขยายตัวด้วยอัตราเร่ง แหล่งกำเนิดพลังงานที่ด้านแรงโน้มถ่วงของเอกภพถูกเรียกว่า **พลังงานมืด (Dark Energy)** ซึ่งแฝงตัวอยู่ทั่วไปในอวกาศที่ดูเหมือนว่างเปล่านี้ ความแรงของการขยายตัวของเอกภพชี้ว่า อวกาศที่ว่างเปล่าแฝงเร้นไปด้วยพลังงานมืดมากเกือบถึง 3 เท่าของพลังงานทั้งหมดของเอกภพที่เราสังเกตได้ในขณะนี้

อัลเบิร์ต ไอน์สไตน์ เป็นคนแรกที่เสนอว่ามีพลังงานบางอย่างที่ตรวจไม่พบ ไม่ใช่เพื่อจะตอบคำถามที่ว่าทำไมเอกภพจึงขยายตัวด้วยอัตราเร่ง เพราะในเวลานั้นยังไม่มีใครทราบว่าเอกภพกำลังขยายตัวแบบนี้ อีกทั้งยังไม่มีแนวคิดเช่นนั้นด้วย แต่เขาเสนอเพียงเพื่อที่จะตอบคำถามที่ว่าทำไมเอกภพไม่หดตัวกลับ ซึ่งเขาเชื่อเช่นนั้น เหมือนกับนักวิทยาศาสตร์หลายคนในช่วงเวลาเดียวกัน ที่คิดว่าเอกภพคงตัวไม่หดตัวหรือขยายตัว โดยมีแนวความคิดว่ามวลสารทั้งหมดในเอกภพจะดึงดูดทุกสิ่งเข้าหากันตามแรงโน้มถ่วง แต่หากว่าเอกภพจะคงตัวอยู่ได้ จะต้องมีความดันที่ต้านการยุบตัวของเอกภพนี้ให้คงตัวอยู่ในสมดุลได้ เขาเรียกมันว่า **ค่าคงที่แห่งเอกภพ (Cosmological Constant)**

ทั้งๆที่มนุษย์เรามีความรู้เกี่ยวกับพลังงานมืดน้อยมาก หรืออาจกล่าวได้ว่า เราแทบไม่รู้อะไรเกี่ยวกับเจ้าสิ่งนี้เลย แต่มันเป็นสิ่งที่มีส่วนอย่างมากในการขับเคลื่อนอนาคตของเอกภพ ครอบจักรวาล สดาร์คมัน แห่งมหาวิทยาลัยเคสเวสเทิร์นรีเสิร์ฟ ได้

ทำการศึกษาถึงผลของค่าคงที่แห่งเอกภพต่อชะตากรรมของสิ่งมีชีวิตของเอกภพ **ผลที่ได้เป็นข่าวร้าย เอกภพจะกลายเป็นสภาพที่ยากต่อการดำรงอยู่ของสิ่งมีชีวิต**

ค่าคงที่แห่งเอกภพได้สร้างขอบเขตแห่งการรับรู้ (Event Horizon) โกลเกินเลยกว่านั้นเป็นบริเวณที่ไม่มีสสารหรือพลังงานเดินทางมาถึงเราได้ (ตามรูปประกอบที่หน้า 16 ขอบเขตแห่งการรับรู้ หมายถึง เส้นแบ่งบริเวณที่เรารับรู้ได้กับบริเวณที่เราไม่สามารถรับรู้ข้อมูลใดๆได้เลย หมายถึงขอบเขตแห่งการรับรู้รอบหลุมดำที่มีสาเหตุมาจากเพียงผลของแรงโน้มถ่วง แต่ในบทความนี้ยังหมายถึงขอบเขตแห่งการรับรู้ที่มีสาเหตุมาจากระยะทางที่ไกลมากและผลของการขยายตัวของเอกภพ ทำให้แสงซึ่งต้องใช้เวลาในการเดินทางยังคงเดินทางมาไม่ถึงเรา และนั่นคือบริเวณที่เราจะไม่อาจรับรู้ข้อมูลใดๆได้ แต่ในอนาคตเมื่อแสงจากเอกภพระยะไกลเดินทางมาถึง เราก็จะรับรู้ถึงข้อมูลเหล่านั้นได้ และหมายความว่า ขอบเขตแห่งการรับรู้ที่กำลังขยายตัวอยู่ตลอดเวลาและขยายตัวด้วยความเร็วเท่ากับแสง อย่างไรก็ตาม การขยายตัวของขอบเขตแห่งการรับรู้ก็มีขีดจำกัดคงจะได้กล่าวถึงต่อไป) และนี่หมายความว่า การให้นิยามว่า เอกภพที่เรารับรู้ได้ ก็คือบริเวณที่อยู่ภายในขอบเขตแห่งการรับรู้ และส่งข้อมูลมาถึงเราได้เท่านั้น

การขยายตัวของเอกภพด้วยอัตราเร่งจะทำให้สสารและพลังงานเคลื่อนตัวและกระจายออกไปเร็วกว่าการขยายตัวของขอบเขตแห่งการรับรู้ สสารและพลังงานจะค่อยๆไหลออกนอกเอกภพที่เรารับรู้ได้อย่างช้าๆ แต่จะเร็วขึ้น เร็วขึ้น และเร็วขึ้นเรื่อยๆ กระบวนการนี้จะทำให้กาแล็กซีเกือบทั้งหมดหายไปจากเอกภพที่เรารับรู้ได้ในอีกราว 1 แสนล้านปีข้างหน้าอาจดูเหมือนยาวนานในความรู้สึกของเรา แต่ยังถือว่าสั้นในสเกลของเอกภพ

พัฒนาการตามแนวความคิดหลัก

เพื่อที่จะตอบคำถามถึงอนาคตของเอกภพ เราจะต้อง

* เรียบเรียงจากบทความชื่อ The End of Cosmology? โดย L. M. Krauss และ R. J. Scherrer ในนิตยสาร Scientific American ฉบับ March 2008 หน้า 34 – 41.

¹⁾ อาจารย์ (คร.) ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ดิน ไฟ เวลา ดาว

ทำความเข้าใจอดีตซึ่งอยู่บนฐานความรู้ของทฤษฎีบิกแบงเสียก่อน โดยมีลำดับพัฒนาการทางความคิดหลักๆ ดังนี้

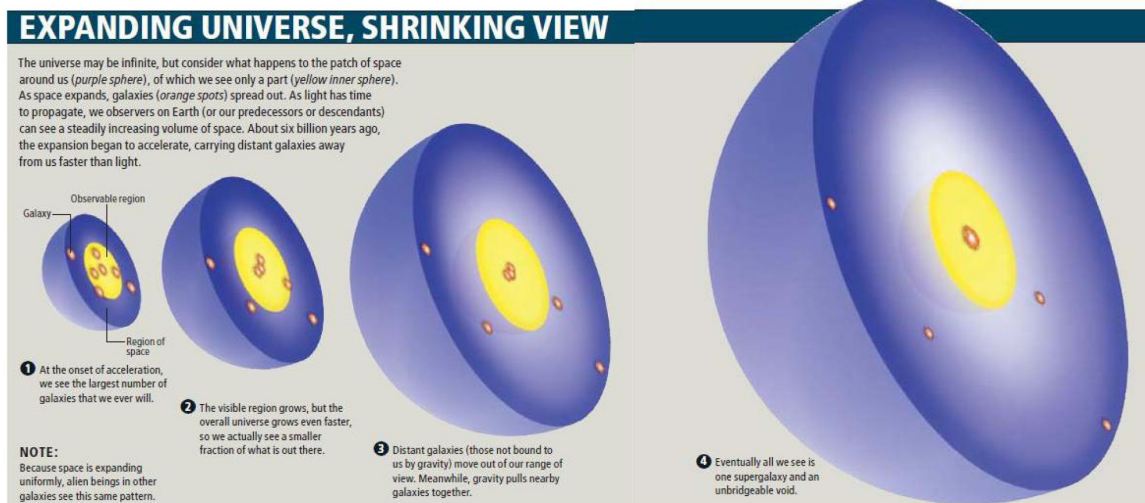
แนวความคิดหลักลำดับแรก : ทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไป

ก่อนหน้าทีไอน์สไตน์จะเสนอทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไป เกือบ 300 ปี ทฤษฎีแรงโน้มถ่วงของนิวตันถูกใช้เป็นเสาหลักของความรู้ทางด้านดาราศาสตร์เกือบทั้งหมด ทฤษฎีของนิวตันได้ทำนายการเคลื่อนที่ของวัตถุท้องฟ้าทั้งภายในระบบสุริยะและในสเกลของกาแล็กซี แต่มันยังไม่สมบูรณ์เพียงพอที่จะใช้อธิบายถึง

ระบบมวลสารในโครงสร้างใหญ่ของเอกภพ ทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไปได้เข้ามาตอบคำถามนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น หลังจากปี 1916 ทีไอน์สไตน์เสนอทฤษฎีของเขาไม่นานนัก วิลเลียม เดอซิตเตอร์ นักฟิสิกส์ชาวฮอลแลนด์ ได้ทำการปรับปรุงสมการของไอน์สไตน์ นำประหลาดใจที่สิ่งที่เขาพบกลับสอดคล้องกับแนวความคิดเดิมในภาพของ “กาแล็กซีโคดเคียว” ลอยอยู่ในอวกาศวิ้งว้างอันกว้างใหญ่ไพศาล แต่ในช่วงเวลาหลังจากนั้นไม่นาน นักเอกภพวิทยาตระหนักว่าเอกภพคงตัวนั้นไม่ถูกต้อง และเอกภพของเดอซิตเตอร์นั้นกำลังขยายตัวออกแบบชวนฉันทันตร์

ขยายใหญ่ขึ้นๆ จนเห็นน้อยลงๆ

เอกภพอาจมีขนาดเป็นอนันต์ แต่ในที่นี้จะพิจารณาเพียงเฉพาะอวกาศที่อยู่รอบตัวเรา (*ทรงกลมสีเข้มวงนอก*) ซึ่งเรารับรู้ได้เพียงส่วนของเอกภพภายในขอบเขตแห่งการรับรู้ (*ทรงกลมสีจางวงใน*) เนื่องจากการขยายตัวของเอกภพ กาแล็กซีอิสระที่พ้นจากอิทธิพลของแรงโน้มถ่วงจากกาแล็กซีเพื่อนบ้านจะกระจายตัวออกจากกัน กาแล็กซีที่หนีอิทธิพลของแรงโน้มถ่วงจากกาแล็กซีเพื่อนบ้านไม่พินจะเคลื่อนที่เข้าหากันและรวมตัวกันเป็นกาแล็กซีที่ใหญ่ขึ้น เมื่อประมาณ 6 พันล้านปีที่แล้วการขยายตัวของเอกภพเป็นจุดเปลี่ยนจากการขยายตัวด้วยอัตราหนึ่งมาเป็นการขยายตัวด้วยอัตราเร่ง ทำให้กาแล็กซีที่อยู่ห่างไกลซึ่งหลุดพ้นจากแรงโน้มถ่วงของเอกภพจะเคลื่อนที่ห่างออกไปจากเราเร็วกว่าแสง หรือก็คือขยายตัวเร็วกว่า การขยายตัวของขอบเขตแห่งการรับรู้ และหลุดออกไปจากเอกภพที่เรารับรู้ได้



(จากนิตยสาร Scientific American ฉบับ March 2008 หน้า 36 – 37)

1. ณ จุดเริ่มต้น หลังเอกภพเริ่มการขยายตัวด้วยอัตราเร่งเมื่อ 6 พันล้านปีก่อน เป็นช่วงเวลาที่เราสามารถเห็นกาแล็กซีได้ในจำนวนมากสุด
2. เอกภพที่เรารับรู้ได้ภายในขอบเขตแห่งการรับรู้ขยายตัวออกด้วยอัตราเร็วแสง แต่ยังคงขยายตัวช้ากว่าเอกภพระยะไกลซึ่งขยายตัวได้เร็วกว่าแสง ดังนั้นเมื่อเวลาผ่านไป เราจะเห็นจำนวนกาแล็กซีลดลง
3. กาแล็กซีห่างไกลซึ่งหลุดพ้นจากแรงโน้มถ่วงของเอกภพ จะเคลื่อนที่ตามการขยายตัวของเอกภพระยะไกลซึ่งขยายตัวเร็วกว่าแสง และหลุดออกไปนอกขอบเขตแห่งการรับรู้ ในขณะที่เดียวกันหมู่กาแล็กซีที่อยู่ใกล้ชิดกันจะดึงดูดเข้าหากัน แต่ยังคงทิ้งที่ว่างให้ห่างจากกาแล็กซีและกลุ่มกาแล็กซีอื่นที่ห่างไกล
4. ในท้ายที่สุด กาแล็กซีที่อยู่ใกล้ชิดกันจะรวมตัวกันโดยผลของแรงโน้มถ่วงระหว่างกัน จนกลายเป็นซูเปอร์กาแล็กซี กาแล็กซีอื่นๆ ที่ห่างไกล จะเคลื่อนหลุดออกไปนอกเอกภพที่เรารับรู้ได้จนหมดสิ้น

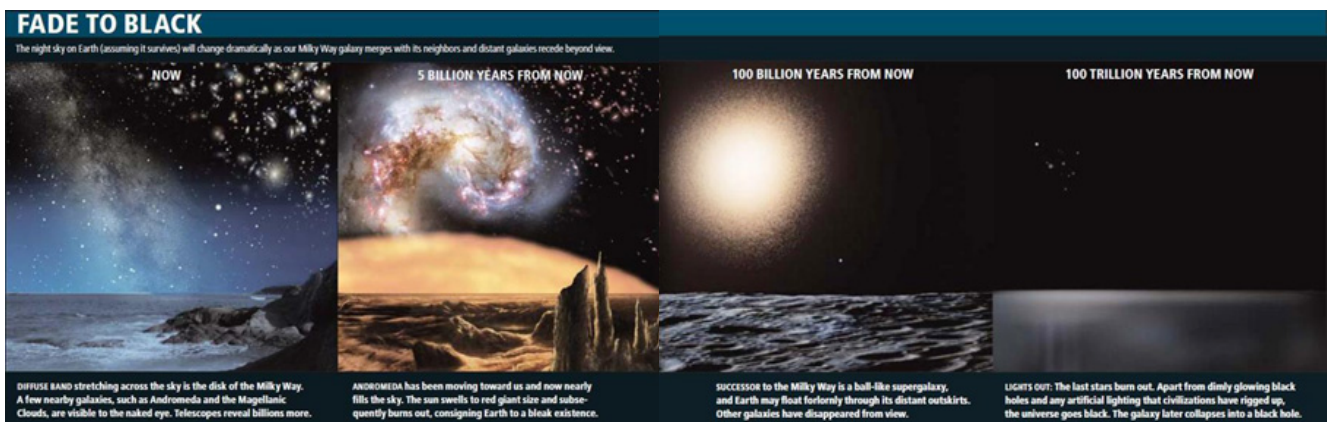
ดิน ฟ้า เวลา ดาว

แนวความคิดหลักลำดับสอง : กฎของฮับเบิล

ในปี 1920 นักดาราศาสตร์ตรวจจับการขยายตัวของเอกภพได้จริง คนแรกที่พบหลักฐานก็คือ เวสโต สลิฟเฟอร์ เขาวัดสเปกตรัมของดาวฤกษ์เพื่อระบุค่าความเร็วของกาแล็กซีใกล้เคียงว่าพวกมันกำลังเคลื่อนเข้าหาเราหรือออกห่างจากเรา ซึ่งในเวลานั้นนักดาราศาสตร์ยังไม่รู้จักกาแล็กซีว่าคืออะไร เพียงแต่ทราบว่าเป็นวัตถุที่ให้แสงคล้ายมีขนปุย นั่นเป็นเพราะมันอยู่ไกลและกล้องโทรทรรศน์ในสมัยนั้นมีขนาดเล็ก แลเห็นขมุกขมัวแต่แยกตัวออกจากดาวฤกษ์และก๊าซที่อยู่ในกาแล็กซีทางช้างเผือกของเราอย่างเห็นได้ชัด

สลิฟเฟอร์พบว่ากาแล็กซีเกือบทั้งหมดเหล่านี้กำลังเคลื่อนที่ออกห่างจากเราเสมือนว่าเราอยู่ที่ศูนย์กลางของการขยายตัวแต่ผู้ซึ่งได้รับการยกย่องในการค้นพบการขยายตัวของเอกภพกลับเป็นเอ็ดวิน ฮับเบิล นั่นเป็นเพราะฮับเบิลไม่ได้เพียงแค่วัดความเร็วของกาแล็กซีแต่เขาวัดระยะทางของกาแล็กซีที่ห่างจากเราด้วยและการวัดของเขาให้ข้อสรุปสำคัญมาก 2 ข้อ ข้อแรกคือ เขาแสดงให้เห็นว่ากาแล็กซีเหล่านั้นอยู่ไกลจากเรามาก และแต่ละกาแล็กซีประกอบไปด้วยดวงดาวมากมายแบบเดียวกันกับกาแล็กซีทางช้างเผือกของเรา ซึ่งเป็นการเปิดโฉมหน้าใหม่ของเอกภพที่ไม่ได้มีเพียงกาแล็กซีของเราเท่านั้น แต่ยังมีความซับซ้อนอีกมากมาย และเอกภพจะต้องมีขนาดใหญ่โตมโหฬารมากกว่าที่เคยเข้าใจกัน ในเวลานั้นอย่างน่าอัศจรรย์ที่จะจินตนาการไปถึงได้ ข้อที่สองฮับเบิลค้นพบว่าความเร็วของกาแล็กซีเป็นสัดส่วนโดยตรงกับระยะทางของมันที่อยู่ห่างจากเรา การค้นพบนี้บ่งบอกอย่างแท้จริงว่าเอกภพกำลังขยายตัว การค้นพบของฮับเบิลได้รับการสนับสนุนโดยผลจากวิธีการวัดระยะทางของซูเปอร์โนวาในกาแล็กซี

อาจหายไปสู่ความมืดมนอนธการ



โปรดดูภาพที่หน้า 2

ห่างไกล ซึ่งเป็นวิธีการวัดที่นำไปสู่การค้นพบพลังงานมืดในเวลาต่อมาด้วย

แนวความคิดหลักลำดับสาม : พื้นหลังไมโครเวฟของเอกภพ

พื้นหลังไมโครเวฟของเอกภพถูกค้นพบในปี 1965 โดยอาร์โน เพนเซียส กับ โรเบิร์ต วิลสัน เมื่อพวกเขาตรวจจับสัญญาณวิทยุต่างๆ ได้ และพบว่ามันคือหลักฐานหนึ่งที่หลงเหลือมาจากการขยายตัวของเอกภพตั้งแต่ยุคแรกเริ่ม มันชี้ว่าเอกภพในยุคนั้นมีความร้อนและความหนาแน่นสูงมากในขณะที่เอกภพยังคงมีขนาดเล็กอยู่ และเมื่อเอกภพขยายตัวใหญ่ขึ้นมันจึงค่อยๆ เย็นลงและเย็นตัวลง

แนวความคิดหลักลำดับสี่ : องค์ประกอบทางเคมี

การตรวจพบว่าเอกภพในยุคเริ่มแรกมีความร้อนและความหนาแน่นสูงมากเป็นหลักฐานอย่างดีในการยืนยันถึงปฏิกิริยานิวเคลียร์ที่เกิดจากบิกแบง ทำให้เอกภพมีอุณหภูมิสูงถึง 10^{10} - 10^{11} องศาเซลเซียส ธาตุเบาจะถูกหลอมรวมให้กลายเป็นธาตุหนักกว่า กระบวนการนี้สามารถเกิดขึ้นได้ในช่วงเวลาเพียงไม่กี่นาที ในขณะที่เอกภพขยายตัวและเย็นตัวลงได้สร้างทั้งดิวทีเรียม (ไฮโดรเจนหนัก) และฮีเลียมขึ้นมา โดยปริมาณของดิวทีเรียมและฮีเลียมที่วัดได้สอดคล้องกับการทำนายของทฤษฎีบิกแบง

อวกาศมืด (โปรดดูรูปประกอบที่หน้า 2)

ในอีก 1 แสนล้านปีข้างหน้า เราจะได้เห็นดาวฤกษ์มากมายดับคาบเล้า เพราะดาวฤกษ์มวลมากที่มีความสว่างมากแต่อายุสั้นจะสลายตัวไปจนหมดเหลือทิ้งไว้เพียงดาวฤกษ์มวลน้อยที่มีอายุยืน

ดิน ไฟ เวลา ดาว

ยาวจำนวนมากมายภายในกาแล็กซี่ของเรา ซึ่งในขณะนั้นจะกลายเป็นซูเปอร์กาแล็กซี่ไปเรียบร้อยแล้วจากการรวมเข้ากับกาแล็กซี่น้อยใหญ่ในละแวกใกล้เคียงไปจนหมดสิ้น อย่างไรก็ตามความแตกต่างอย่างมากก็คือเมื่อเราใช้กล้องโทรทรรศน์ส่องเลยไกลออกไปนอกกาแล็กซี่ของเรา เราจะไม่เห็นกาแล็กซี่อื่นเลย ไม่เห็นอะไรเลย เพราะมันเป็นเวลาที่นานพอที่กาแล็กซี่อื่นจะเคลื่อนที่หลุดพ้นออกไปนอกขอบเขตแห่งการรับรู้ของเราจนหมด ตามผลของการขยายตัวของเอกภพ

ครีซและสตีร์คมัน ค้นพบว่าค่าเรดชิฟท์จะเพิ่มขึ้นเป็น 5,000 สำหรับกาแล็กซี่ทั้งหมดในอีก 1 แสนล้านปีข้างหน้าและ 10^{53} ในอีก 10 ล้านล้านปีข้างหน้า ซึ่ง ณ เวลานั้นแสงที่เดินทางมาถึงเราจะไม่มีความยาวคลื่นยืดยาวออก จนแม้แต่รังสีคอสมิกที่มีพลังงานสูงที่สุดก็ยังให้ความยาวคลื่นที่ยืดออกมากเกินไปจนยากเกินกว่าที่เราจะตรวจจับได้ และเราไม่สามารถรับรู้ถึงการมาของข้อมูลเหล่านี้ได้เลย และนี่คือว่ามันอยู่นอกขอบเขตแห่งการรับรู้ของเราอย่างสิ้นเชิง การขยายตัวของสสารในเอกภพจะดูเหมือนว่าหาย

ออกไปนอกขอบเขตแห่งการรับรู้ และทุกสิ่งที่เหลืออยู่จะมีเพียงกาแล็กซี่ของเราเกาะกวมกันไว้ด้วยแรงโน้มถ่วงที่เหลืออยู่ ทำให้เอกภพที่เรารับรู้ได้ในอนาคตจะเข้าสู่การเป็น “เอกภพโดดเดี่ยว” ตามที่เคยเข้าใจกันในปี 1908 อีกครั้ง (ดูคล้ายแต่แตกต่างด้วยเหตุผลอย่างสิ้นเชิง)

ในท้ายที่สุดแม้แต่กาแล็กซี่ของเราที่เหลืออยู่อย่างโดดเดี่ยวในเอกภพที่เรารับรู้ได้นี้จะค่อยๆ มอดดับลง เมื่อดาวฤกษ์แต่ละดวงสิ้นอายุขัยและดับลงทีละดวง อัตราการเกิดใหม่ของดาวฤกษ์รุ่นหลังจะน้อยลงทุกทีด้วยว่าสสารที่เป็นวัตถุดิบในการสร้างดาวถูกดูดกลืนลงไปในหลุมดำมวลยิ่งยวดที่ใจกลางกาแล็กซี่ทีละเล็กละน้อยอยู่ตลอดเวลาภายใต้แรงโน้มถ่วงที่ไม่อาจต้านทานได้ และกาแล็กซี่สุดท้ายที่เหลืออยู่จะยุบตัวเข้าไปในหลุมดำทั้งหมดอย่างช้าๆ ทิ้งไว้เพียงหลุมดำเดี่ยวดายท่ามกลางอวกาศอันวิ้งว้างไม่เหลือแม้แต่เอกภพที่รับรู้ได้เพราะแม้แต่แสงสุดท้ายก็หายไป เป็นการสิ้นสุดของขอบเขตแห่งการรับรู้โดยปริยาย

ขอแก้ไขผิด

บทความ “เหลื่อมเพชรมีดงามวิชาแม่เหล็กไฟฟ้า: ตอนที่ 4 พลังงานแม่เหล็กสถิต (1)” ในวารสารฟิสิกส์ไทยฉบับที่แล้ว คือ วารสารฟิสิกส์ไทย, ปีที่ 25 ฉบับที่ 2 (มิ.ย.-ส.ค. 2551) หน้า 25-28 มีข้อผิดพลาดที่ขอแก้ไขในความผิดพลาด และขอแก้ไขตามรายการดังนี้

1. ชื่อหัวข้อ หน้า 25 จาก “ตอนที่ 4 พลังงานไฟฟ้าสถิต (1)” แก้เป็น “ตอนที่ 4 พลังงานแม่เหล็กสถิต (1)”

2. บรรทัดแรกของสมการที่ (3) หน้า 26 จาก

$$U_{EM} = q^a V^b(\vec{r}^a) = \int d^3x (q^3 x(\vec{x} - \vec{r})) V^b(\vec{x})$$

แก้เป็น

$$U_{EM} = q^a V^b(\vec{r}^a) = \int d^3x (q^a \delta(\vec{x} - \vec{r}^a)) V^b(\vec{x})$$

3. บรรทัดที่ 1 หน้า 26 จาก I_0^a แก้เป็น I^a

4. บรรทัดแรกของสมการที่ (5) หน้า 26 จาก $\int d\vec{r}^a \cdot \{-1\} \vec{F}^a$

$$\text{แก้เป็น } \int_I d\vec{r}^a \cdot \{-1\} \vec{F}^a$$

5. บรรทัดที่สามของสมการที่ (5) หน้า 26 จาก

$$= \frac{1}{c^2} \int_I d\vec{r}^a \cdot \int_a d\vec{l}^a I^a \times \int_b d\vec{l}^b \times (-\vec{R}^{ba}) \quad (\text{step 2.1})$$

แก้เป็น

$$= \frac{1}{c^2} \int_I d\vec{r}^a \cdot \int_a d\vec{l}^a I^a \times \int_b d\vec{l}^b I^b \times (-\vec{R}^{ba}) \quad (\text{step 2.1})$$

6. กลางคอลัมน์ขวา หน้า 27 จาก “สังเกตว่าการเลื่อนวงจรถับที่มีกระแสดึงดูดกัน...” แก้เป็น “สังเกตว่าการเลื่อนวงจรถับที่มีกระแสดึงดูดกัน...”

7. บรรทัดที่สองของสมการที่ (7) หน้า 28 จาก

$$(\vec{\nabla} \times \vec{B}^a) \cdot \vec{A}^b = \vec{B}^a \cdot \vec{B}^a + \vec{\nabla} \cdot (\vec{B}^a \times \vec{A}^b)$$

แก้เป็น

$$(\vec{\nabla} \times \vec{B}^a) \cdot \vec{A}^b = \vec{B}^a \cdot \vec{B}^b + \vec{\nabla} \cdot (\vec{B}^a \times \vec{A}^b)$$

เวลาเปลี่ยน..คะแนนฟิสิกส์เธอเปลี่ยน..ช่างอะไร ใครหนอใครทำ? (ผลการเรียนวิชาฟิสิกส์ระดับมหาวิทยาลัย ชั้นปีที่ 1 ในช่วงการเปลี่ยนแปลงระบบการรับเข้าศึกษาต่อในมหาวิทยาลัย)

ปัจฉา ฉัตรภรณ์¹
นฤมล สุวรรณจันทร์ดี²
และ บุรินทร์ อัสวพิภพ²

แนวความคิดเบื้องต้น

วิชาฟิสิกส์สำหรับนิสิต/นักศึกษาชั้นปีที่ 1 เป็นวิชาที่มีความท้าทายสำหรับผู้สอนมากจากหลากหลายสาเหตุ แต่ประเด็นหลักเห็นจะหนีไม่พ้น คือ การที่ผู้เรียนไม่ชอบเรียนวิชานี้ ผลสอบที่ออกมาก็ไม่เป็นที่น่าพอใจสำหรับทุกฝ่าย เมื่อมีการพูดคุยกับนิสิตจำนวนมาก พบว่านิสิตส่วนใหญ่มีความเห็นว่าผลการเรียนวิชาฟิสิกส์ของตัวเองตกต่ำเป็นเพราะอาจารย์ออกข้อสอบยากมากจนนิสิตทำไม่ได้ โดยเฉพาะความยากเกี่ยวกับการใช้แคลคูลัสในการทำโจทย์ฟิสิกส์ ในมุมมองที่กลับกันอาจารย์ผู้สอนจำนวนหนึ่งเชื่อว่าข้อสอบไม่ได้ยากเกินไปจนนิสิตไม่สามารถทำได้

ในปีการศึกษา 2549 อาจารย์ผู้สอนฟิสิกส์ปี 1 กลุ่มหนึ่งของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยได้รวมตัวกันเพื่อศึกษาปัญหาในการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ชั้นปีที่ 1 โดยต้องการทำความเข้าใจถึงสาเหตุและหาทางแก้ไขปัญหาที่ผลการเรียนฟิสิกส์ของนิสิตปี 1 ต่ำลง ทั้งนี้เป็นการหาทางแก้ปัญหาที่มีอยู่เดิมแล้วและยังไม่ได้คำนึงถึงระบบการรับเข้ามหาวิทยาลัยที่เปลี่ยนในปีการศึกษา 2549 พอดี ในการศึกษาเรื่องนี้ประเด็นที่ต้องการวิเคราะห์หลายข้อดังต่อไปนี้คือ

ประเด็นจากฝ่ายนิสิต

- เนื้อหามากจนเรียนไม่ไหว โดยเฉพาะสำหรับสอบกลางภาคในภาคการศึกษาแรก
- ข้อสอบยากมากจนกระทั่งนิสิตที่ไม่รู้อะไรเลยและนิสิตที่มีความเข้าใจพอประมาณทำไม่ได้
- ข้อสอบใช้แคลคูลัสมากทำให้นิสิตที่เข้าใจฟิสิกส์แต่อ่อนคณิตศาสตร์ทำไม่ได้

ประเด็นจากฝ่ายอาจารย์

- นิสิตขาดความรู้พื้นฐานที่ควรมาจากมัธยมศึกษาทำให้เรียนไม่เข้าใจ
- นิสิตไม่ได้พยายามทำความเข้าใจแต่ใช้วิธีท่องจำโจทย์ตัวอย่างและโจทย์จากสถาบันกวดวิชา
- นิสิตไม่สนใจเรียนเพราะเห็นว่าไม่มีประโยชน์ ไม่เกี่ยวข้องกับตัวเอง และน่าเบื่อ

นอกจากนี้ยังมีความเห็นจากคณาจารย์จำนวนมากว่านิสิตปรับตัวให้เข้ากับสภาพการเรียนในระดับมหาวิทยาลัยไม่ได้ ยังติดอยู่กับการเรียนแบบมัธยมศึกษาที่มีอาจารย์ดูแลใกล้ชิด เมื่อเข้ามาวิทยาลัยมาพบกับห้องเรียนขนาด 200-300 คน ไม่มีการตรวจสอบการเข้าห้องเรียน ไม่มีคะแนนจากการบ้านมาเสริม ต้องศึกษาเพิ่มเติมในหัวข้อที่อาจารย์มอบหมายให้อ่านนอกเวลาเรียน รวมถึงกิจกรรมรับน้องและกีฬาต่าง ๆ ทำให้นิสิตปี 1 ส่วนใหญ่ละเลยการเข้าห้องเรียนและการอ่านหนังสือ เมื่อรู้ตัวอีกทีก็ใกล้สอบกลางภาคก็มีเนื้อหามากมายจากทุกวิชามารออยู่ทำให้อ่านหนังสือไม่ทัน

แนวการปรับกระบวนการสอนและข้อสอบ

เพื่อทำความเข้าใจกับประเด็นต่าง ๆ ข้างต้น กลุ่มผู้สอน 6 คน ได้ร่วมกันจัดทีมสอนวิชาฟิสิกส์ทั่วไป 1 สำหรับนิสิตคณะวิทยาศาสตร์ในกลุ่มภาควิชากายภาพ ได้แก่ ภาควิชาคณิตศาสตร์ ภาควิชาคณิตศาสตร์(วิทยาการคอมพิวเตอร์) ภาควิชาเคมี ภาควิชา

¹ผู้ช่วยศาสตราจารย์ (ดร.), ²อาจารย์ (ดร.) แห่งภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ฟิสิกส์ ภาควิชาเคมีวิศวกรรม ภาควิชาธรณีวิทยา ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล ภาควิชาวัสดุศาสตร์ ภาควิชาเทคโนโลยีทางภาพและการพิมพ์ และภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร (นิสิตคณะวิทยาศาสตร์กลุ่มภาควิชาชีวภาพเรียนคนละรหัสวิชา) ซึ่งมีนิสิตลงทะเบียนประมาณ 650 คน แบ่งเป็น 3 ห้องเรียน ใช้ผู้สอน 6 คน แต่ละห้องเรียนมีผู้สอน 2 คน สอนคนละครึ่งภาคการศึกษา โจทย์ตัวอย่างส่วนใหญ่ที่สอนในแต่ละห้องจะเหมือนกัน โดยได้วางแผนทางการสอนและการออกข้อสอบเพื่อทำความเข้าใจกับประเด็นต่าง ๆ ข้างต้น ดังนี้

- ย้ายเนื้อหาส่วนหนึ่งจากครึ่งภาคการศึกษาแรกไปไว้หลังการสอบกลางภาค
- มีข้อสอบจำนวนหนึ่งที่ยากและใช้ความรู้ระดับมัธยมศึกษาเท่านั้น
- ข้อสอบทั้งหมดที่ใช้ในครึ่งภาคการศึกษาแรกจะไม่เน้นแคลคูลัส
- ข้อสอบส่วนใหญ่จะมีแนวคล้ายตัวอย่างที่สอนในห้อง ถ้านิสิตเข้าใจสิ่งที่เรียนในห้องเรียนควรทำข้อสอบได้ แต่ข้อสอบจะไม่ซ้ำกับตัวอย่างตรง ๆ เพื่อตัดเรื่องการท่องจำ
- นำสื่อการสอนมาประกอบเพื่อให้นิสิตเห็นความเชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีกับปรากฏการณ์จริง

รายละเอียดข้อสอบและผลการสอบ (สำหรับการสอบกลางภาคแรก)

ปี 2549 ปรับข้อสอบซึ่งแต่เดิมเป็นข้อสอบข้อใหญ่ให้เขียนตอบอย่างละเอียดทั้งหมดเต็ม 100 คะแนน เป็นข้อสอบซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ

1. ข้อสอบเติมคำตอบ (20 คะแนน) ซึ่งเป็นข้อสอบง่ายมากเพื่อวัดความรู้ระดับมัธยมปลายหรือสูตรพื้นฐานเพียงสูตรเดียว โดยใช้ข้อมูลจากโจทย์แทนค่าในสูตรแล้วได้คำตอบเลย
2. ข้อสอบเขียนตอบ (60 คะแนน) เป็นข้อสอบข้อใหญ่ลักษณะเดิม วัดกระบวนการคิดแก้ปัญหาโดยการวิเคราะห์และแสดงการคำนวณอย่างละเอียด
3. ข้อสอบเลือกตอบ (30 คะแนน) เป็นข้อสอบที่เน้นความเข้าใจในหลักการทางฟิสิกส์โดยไม่มีการคำนวณ

คะแนนรวมทั้งหมด 110 คะแนน

ตัวอย่างข้อสอบเติมคำตอบ (คะแนนเต็มข้อละ 2 คะแนน)

1. การเคลื่อนที่เป็นวงกลม กำหนดรัศมีและขนาดความเร็วให้ จงหาความเร่งสู่ศูนย์กลางและความเร่งตามแนวเส้นสัมผัส
2. ให้รูปแสดงตำแหน่งอนุภาค 3 ตัวที่พิกัดต่าง ๆ ใน 2 มิติ โดยระบุมวลของแต่ละอนุภาค ให้หาตำแหน่งศูนย์กลางมวล
3. ให้รูปแสดงเวกเตอร์แรง 3 แรงซึ่งมีขนาดเท่ากัน ทำมุมกัน 60 องศา ให้หาแรงลัพธ์

ฟิสิกส์ศึกษา

ตารางที่ 1

จำนวนนิสิต (คน)	ไม่ทำเลย	ทำผิดหมด	ทำถูก 1 คะแนน	ทำถูกหมด
การเคลื่อนที่วงกลม	37	77	226	181
ศูนย์กลางมวล	43	237	48	193
การรวมเวกเตอร์	32	221	0	268

ซึ่งทั้ง 3 ข้อนี้เป็นข้อสอบที่ถือได้ว่าง่ายมากและคาดหวังว่านิสิตเกือบทุกคนควรทำได้ แต่ผลคะแนนที่ออกมาไม่เป็นที่น่าพอใจ ผลสรุปแสดงได้ดังตารางที่ 1 (จำนวนนิสิตที่เข้าสอบทั้งหมด 521 คน)

สำหรับผลสรุปคะแนนทั้งหมดแสดงได้ดังตารางที่ 2 โดยส่วน 1 คือข้อสอบเดิมคำตอบซึ่งเป็นเนื้อหาระดับมัธยมปลาย มีค่าคะแนนเฉลี่ย 8.2 จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน หรือคิดเป็นร้อยละ 40 แสดงว่านักเรียนไม่มีความรู้ในส่วนนี้ ลืมไปแล้ว หรือไม่เคยเข้าใจเลย ส่วนที่ 2 คือข้อสอบเขียนตอบข้อใหญ่ที่วัดกระบวนการคิดลักษณะเดิม คะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 19.7 คะแนน จากคะแนนเต็ม 60 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 33 เมื่อรวมข้อสอบ 2 ส่วนแรก คะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 35 ซึ่งนับว่าค่อนข้างต่ำ ทั้งที่ได้ย้ายเนื้อหาส่วนหนึ่งออกไป ข้อสอบง่ายลงและคณิตศาสตร์ที่ใช้ง่ายลงมากแล้วก็ตาม

เนื่องจากในส่วนที่ 3 ซึ่งเป็นข้อสอบเลือกตอบที่วัดความเข้าใจนั้น คะแนนต่ำมากและไม่ค่อยมีผลต่อร้อยละของคะแนนรวมของนิสิต ในปี 2550 จึงปรับข้อสอบให้เหลือเพียง 2 ส่วนแรกเท่านั้น คือข้อสอบเดิมคำตอบ ซึ่งมีคะแนนเต็ม 30 คะแนน และข้อสอบเขียนตอบข้อใหญ่ คะแนนเต็ม 72 คะแนน ผลการสอบออกมาเป็นดังตารางที่ 3

จะเห็นว่าคะแนนเฉลี่ยข้อสอบส่วนที่ 1 ลดลง จากร้อยละ 40 เป็นร้อยละ 33 และคะแนนเฉลี่ยข้อสอบส่วนที่ 2 เป็นร้อยละ 30 ซึ่งก็ลดลงเช่นกัน ทำให้เห็นว่าผลการเรียนฟิสิกส์ของนิสิตทั้งสองรุ่นนี้ค่อนข้างต่ำ และไม่มีแนวโน้มที่จะดีขึ้น โดยผลนี้ไม่เกี่ยวกับความยากง่ายของข้อสอบเท่าใดนักเพราะข้อสอบที่ง่ายมาก (ส่วนที่ 1) ก็ยังมีคะแนนเฉลี่ยต่ำ โดยลดต่ำลงกว่าเดิม

ระบบการรับเข้ามหาวิทยาลัย

อย่างไรก็ตาม ประเด็นสำคัญมากที่กลุ่มอาจารย์ผู้ทำการ

ตารางที่ 2

ปี 2549	ส่วนที่ 1 (20)	ส่วนที่ 2 (60)	ส่วนที่ 3 (30)	รวมทั้งหมด (110)	รวมส่วนที่ 1+2 (80)
คะแนนสูงสุด	20.0	57.0	30.0	101.0	74.0
คะแนนต่ำสุด	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
คะแนนเฉลี่ย	8.2	19.7	4.8	32.7	27.9
ค่าเบี่ยงเบน	4.5	13.1	6.9	21.2	16.6

ศึกษาปัญหาผลการเรียนฟิสิกส์ของนิสิตคณะวิทยาศาสตร์ได้มองข้ามไปในตอนเริ่มต้น คือปัจจัยอื่นที่มีผลกระทบต่อนิสิตที่เข้ามา นั่นคือการเปลี่ยนระบบการรับเข้ามหาวิทยาลัยซึ่งเกิดขึ้นในปีการศึกษา 2549 พอดี ซึ่งเป็นเรื่องที่อาจารย์มหาวิทยาลัยจำนวนมากไม่ได้ติดตามรายละเอียดมากนัก เมื่อทำการปรับระบบการเรียนการสอนและข้อสอบในปี 2549 แล้วผลสอบยังต่ำมาก จึงได้มีการปรึกษาหารือและหันมาพิจารณาเรื่องการเปลี่ยนระบบการรับเข้าจากระบบเอนทรานซ์เป็นระบบแอดมิชชัน เพื่อศึกษาวานิสิตที่เข้าคณะวิทยาศาสตร์ด้วยระบบที่แตกต่างกันมีผลการเรียนที่เหมือนหรือต่างกันอย่างไร เราจึงทำการเปรียบเทียบผลการเรียนของนิสิตรุ่นก่อนเปลี่ยนระบบ (ปีการศึกษา 2547-2548) และหลังเปลี่ยนระบบ (ปีการศึกษา 2549-2550) โดยก่อนพิจารณาคะแนนของนิสิต

ตารางที่ 3

ปี 2550	ส่วนที่ 1 (30)	ส่วนที่ 2 (72)	รวมทั้งหมด (102)
คะแนนสูงสุด	30.0	65.0	95.0
คะแนนต่ำสุด	0.0	0.0	0.0
คะแนนเฉลี่ย	11.0	21.5	33.4
ค่าเบี่ยงเบน	6.4	11.2	16.3

ฟิสิกส์ศึกษา

ตารางที่ 4

	2547	2548	2549	2550
คะแนนสูงสุด	100.0	100.0	100.0	95.0
คะแนนต่ำสุด	3.0	0.0	0.0	0.0
คะแนนเฉลี่ย	45.2	42.7	32.7	33.4
ค่าเบี่ยงเบน	20.6	18.9	21.2	16.3

แต่ละรุ่นนั้น ได้พิจารณาเปรียบเทียบลักษณะข้อสอบ โดยเลือกใช้ข้อสอบในบางหัวข้อที่มีการสอบทุกปี

ตัวอย่างความเปลี่ยนแปลงของข้อสอบที่เห็นชัดเจนคือ หัวข้อการหาโมเมนต์ความเฉื่อย ซึ่งในปี 2547-2548 จะให้นิสิตใช้การอินทิเกรตหาโมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุเกร็ง พร้อมใช้หลัก superposition และทฤษฎีบทแกนขนานในการย้ายแกนหมุนด้วย ส่วนปี 2549-2550 นั้นจะกำหนดโมเมนต์ความเฉื่อยของรูปทรงมาตรฐาน (เช่น ทรงกลมตัน แผ่นกลมแบน) แล้วให้นิสิตใช้หลัก superposition และทฤษฎีบทแกนขนานเท่านั้น ส่วนข้อสอบหัวข้อการหางานนั้น ในปี 2547-2548 จะให้นิสิตอินทิเกรตตามเส้นเพื่อหางานของแรงไม่อนุรักษ์ (2 มิติ) ส่วนปี 2549-2550 ให้นิสิตเขียนกราฟระหว่างแรงกับตำแหน่ง (1 มิติ) แล้วหางานจากพื้นที่ใต้กราฟและอินทิเกรต (ไม่ต้องกำหนดเส้นทาง) หางานของแรงอนุรักษ์ โดยแรงที่กำหนดเป็นฟังก์ชันของตำแหน่งในลักษณะกราฟเส้นตรง

โดยสรุปคือข้อสอบลักษณะเขียนตอบข้อใหญ่ของปี 2549-2550 (ส่วนที่ 2) ทั้งหมดจะง่ายกว่าข้อสอบแบบเดียวกันของปี 2547-2548 โดยเฉพาะในแง่ของคณิตศาสตร์จะมีความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัด แต่เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทั้ง 4 ปีที่ผ่านมา พบว่าทั้งปี 2549 และ ปี 2550 คะแนนเฉลี่ยของนิสิตลดลงประมาณร้อยละ 10 จากคะแนนปี 2547-2548 ในขณะที่ค่าเบี่ยงเบนมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับครึ่งหนึ่งของคะแนนเฉลี่ย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความรู้ของนิสิตทั้งระดับชั้นมีความแตกต่างกันมาก โดยมีแนวโน้มลดลงอย่างเห็นได้ชัดในปี 2549 ซึ่งเป็นปีแรกที่มีระบบ

การคัดเลือกเข้ามหาวิทยาลัยแบบแอดมิชชัน ผลการเปรียบเทียบคะแนนสอบกลางภาคแรกซึ่งมีคะแนนเต็มเป็น 100 คะแนนของนิสิตใน 4 รุ่นที่ผ่านมา (ดังตารางที่ 4) แสดงให้เห็นว่าผลการเรียนของนิสิต 2 ปีล่าสุดตกต่ำลงอย่างชัดเจนทั้งที่มีการปรับการสอนตามประเด็นที่เห็นว่าเป็นปัญหาและทำข้อสอบให้ง่ายลง

ส่วนผลการเรียนวิชาฟิสิกส์ 1 ทั้งภาคการศึกษานั้น ยิ่งแสดงความแตกต่างระหว่างนิสิตปี 2547-2548 และนิสิตปี 2549-2550 อย่างชัดเจนมาก โดยการตัดเกรดนิสิตรุ่น 2 ปีหลังนี้ใช้ระบบอิงเกณฑ์เป็นหลักเนื่องจากกราฟแจกแจงคะแนนเป็นกราฟที่เอียงจนไม่เหมาะที่จะใช้ระบบตัดเกรดแบบอิงกลุ่ม ซึ่งเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดเกรดนี้เป็นเกณฑ์ที่อ้างอิงมาจากการตัดเกรดปี 2547-2548 ผลการเปรียบเทียบเกรดนิสิต 4 รุ่นนี้แสดงอยู่ในตารางที่ 5 และกราฟในรูปที่ 1

ระบบแอดมิชชัน

เมื่อคะแนนของนิสิต 2 รุ่นหลัง (ระบบแอดมิชชัน) ต่ำกว่านิสิต 2 รุ่นก่อน (ระบบเอนทรานซ์) อย่างมาก การศึกษาปัญหาผลการเรียนฟิสิกส์ของนิสิตปี 1 คณะวิทยาศาสตร์จึงขยายออกไปเพื่อศึกษาถึงผลกระทบจากระบบแอดมิชชันด้วย โดยยังคงใช้คะแนนวิชาฟิสิกส์ 1 ของนิสิตคณะวิทยาศาสตร์ (กลุ่มภาควิชากายภาพ) เป็นตัวเปรียบเทียบ และได้นำข้อมูลอื่นที่มีผลในระบบแอดมิชชันคือเกรดเฉลี่ยระดับมัธยมศึกษาตอนปลายของนักเรียน ผลการศึกษาที่แสดงทั้งหมดในส่วนนี้เป็นของนิสิตรุ่นปี 2550

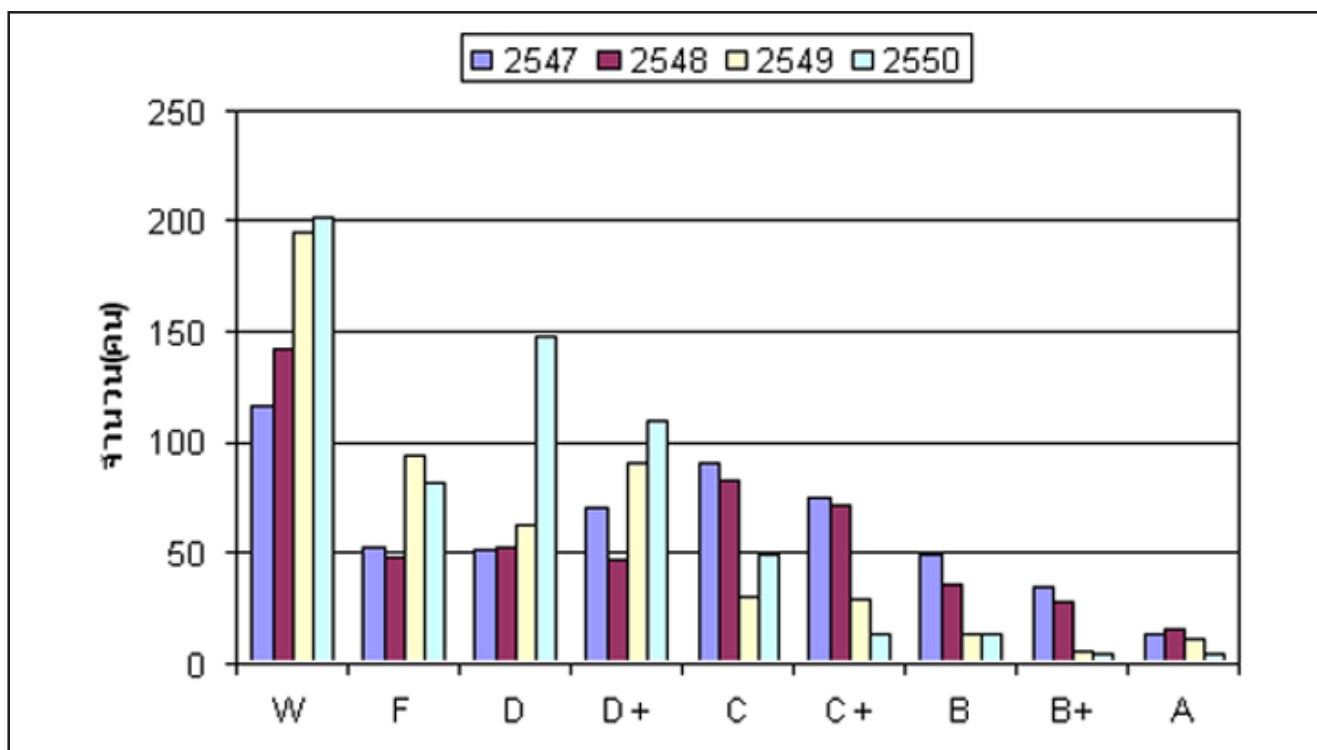
กราฟในรูปที่ 2 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างเกรดเฉลี่ย (GPA) ของนิสิตจากตอนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย กับผลการเรียนวิชาฟิสิกส์ 1 ในมหาวิทยาลัย

จากกราฟจะเห็นได้ชัดเจนว่าเกรดเฉลี่ยจากโรงเรียนไม่ได้สะท้อนถึงความสามารถที่แท้จริงของนิสิตเลย แม้เมื่อนำเกรดเฉลี่ยของวิชาวิทยาศาสตร์มาคิดก็ยังไม่ผล กล่าวคือเกรดเฉลี่ยทุกคนจะสูงมากจนอาจเรียกได้ว่าเฟ้อ ซึ่งจากกราฟในรูปที่ 3 จะเห็นว่า

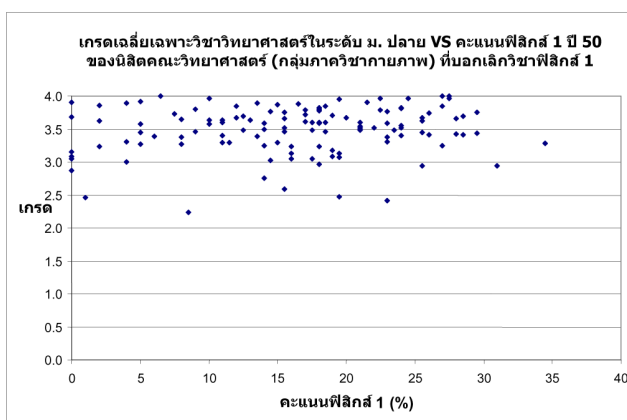
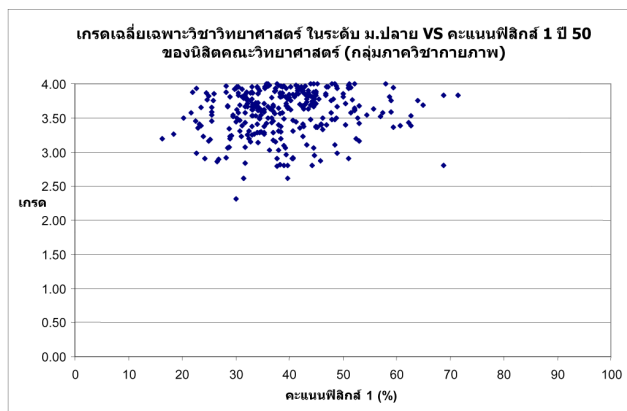
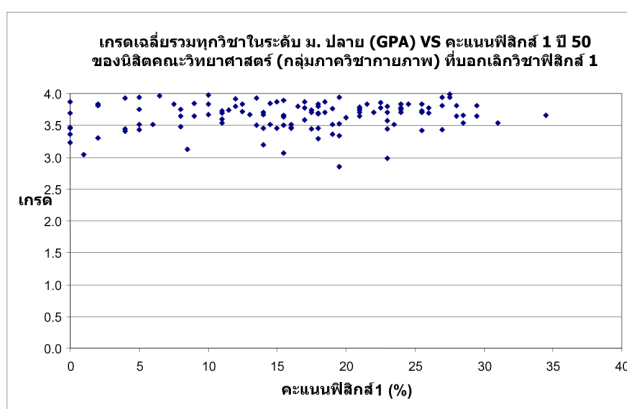
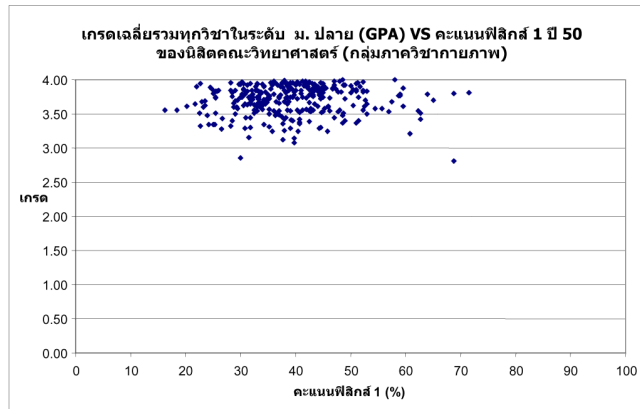
ตารางที่ 5 ผลการเรียนวิชาฟิสิกส์ทั่วไป 1 ของนิสิตคณะวิทยาศาสตร์ (กลุ่มกายภาพและเทคโนโลยี) ปีการศึกษา 2547 - 2550

ปีการศึกษา	A	B+	B	C+	C	D+	D	F	W	จำนวนนิสิตทั้งหมด	เกรดเฉลี่ยของวิชา
2547	13	35	50	75	91	70	52	53	117	556	1.94
2548	16	28	36	71	83	47	53	48	143	525	1.93
2549	11	6	13	29	30	91	63	94	195	532	1.29
2550	4	4	13	13	50	110	148	82	202	626	1.21

ฟิสิกส์ศึกษา



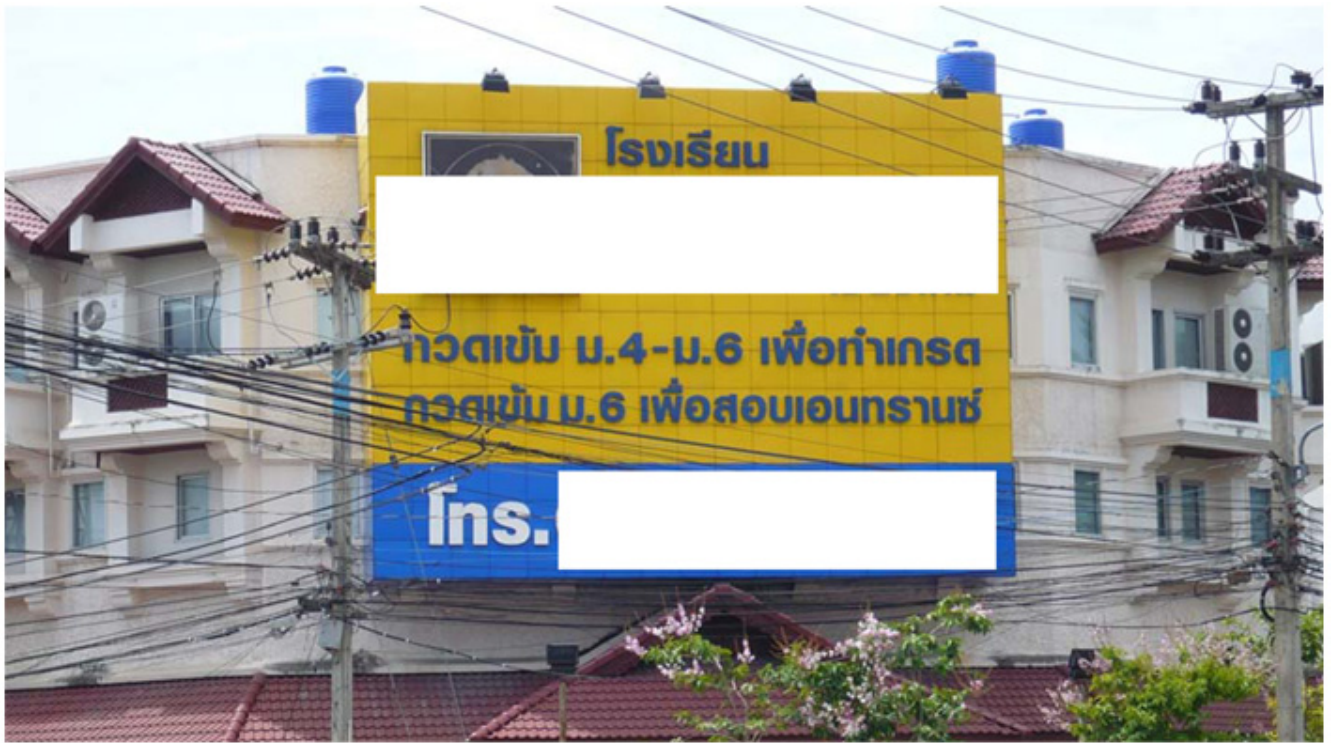
รูปที่ 1



รูปที่ 2

รูปที่ 3

ฟิสิกส์ศึกษา



นักเรียนที่เคยได้เกรดเฉลี่ยสูง (มากกว่า 3.5) มาแล้วจำนวนมาก แต่กลับได้คะแนนฟิสิกส์ 1 อยู่ในระดับต่ำจนต้องบอกเลิก (drop) รายวิชานี้

บทสรุป

เป็นเรื่องน่าเสียดายที่การปรับระบบการสอนและข้อสอบเกิดขึ้นในช่วงที่ระบบการรับเข้ามหาวิทยาลัยเปลี่ยนพอดี ทำให้การสรุปผลในแง่ของวิธีสอนที่มีประสิทธิภาพนั้นไม่อาจสรุปได้ชัดเจน แต่จากข้อมูลต่างๆ ที่ได้รวบรวมมาเปรียบเทียบ จะเห็นได้ชัดเจนว่าระบบแอดมิชชันมีผลต่อความสามารถในการเรียนฟิสิกส์ของ

นิสิตคณะวิทยาศาสตร์ (กลุ่มภาควิชากายภาพ) อย่างมาก เนื่องจากองค์ประกอบคะแนนในระบบนี้ใช้เกรดเฉลี่ยของนักเรียนในระดับมัธยมปลายซึ่งไม่สื่อถึงความสามารถที่แท้จริงของนักเรียน นอกจากนั้นผลการศึกษานี้ น่าจะชี้ได้ว่าการที่ผลการเรียนวิชาฟิสิกส์ 1 ของนิสิตคณะวิทยาศาสตร์ (กลุ่มภาควิชากายภาพ) ไม่ดี ไม่น่าจะเป็นเพราะข้อสอบยากจนเกินไป เพราะเมื่อใช้ข้อสอบที่ง่ายมากนิสิตก็ยังทำไม่ได้ แต่น่าจะเป็นผลจากการที่นิสิตมีพื้นฐานความรู้ระดับมัธยมศึกษาที่จำเป็นต่อการศึกษาระดับอุดมศึกษาไม่ดีพอ ซึ่งเป็นประเด็นที่น่าศึกษาต่อไปว่าเหตุใดความรู้พื้นฐานฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายของนักเรียนจึงไม่ดี

FRANK & ERNEST



จาก น.ส. พ. Bangkok Post

ซอฟต์แวร์โอเพนซอร์สกับการประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนฟิสิกส์

บุญญิต เล็กประเสริฐ*

คงปฏิเสธไม่ได้ว่า ปัจจุบันนี้ คอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีบทบาทต่อชีวิตประจำวันของเราเป็นอย่างมาก สิ่งที่ทำให้คอมพิวเตอร์มีความสามารถที่หลากหลายเช่นนี้ก็คือ ซอฟต์แวร์ต่างๆ ที่มีอยู่ในคอมพิวเตอร์นั่นเอง

ในแวดวงฟิสิกส์ก็เช่นกัน มีการใช้คอมพิวเตอร์และซอฟต์แวร์ต่างๆ อย่างกว้างขวาง ไม่ว่าจะเป็นใช้เพื่อคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ วิเคราะห์ผลการทดลอง การนำเสนอผลงาน หรือทั้งด้านการเรียนการสอน เป็นต้น หากทว่าในยุคที่ต้องคำนึงถึงเรื่องของทรัพย์สินทางปัญญา ลิขสิทธิ์ และสิทธิบัตรต่างๆ ซอฟต์แวร์ที่เราคุ้นเคยจำนวนมากเป็นของที่มีมูลค่า จัดเป็นซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์ที่ได้รับการคุ้มครองตามกฎหมาย และการจัดหามาใช้อย่างถูกต้อง บางครั้งก็อาจเสียค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง อย่างไรก็ตาม ยังมีซอฟต์แวร์อีกจำนวนไม่น้อยที่มีความสามารถในการทำงานไม่แพ้กับซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์ ซึ่งผู้ใช้ในแวดวงฟิสิกส์ รวมทั้งผู้สนใจสามารถจัดหามาใช้งานได้โดยมีต้นทุนต่ำ ซึ่งซอฟต์แวร์ที่ว่่านี จัดอยู่ในประเภท “ซอฟต์แวร์โอเพนซอร์ส”

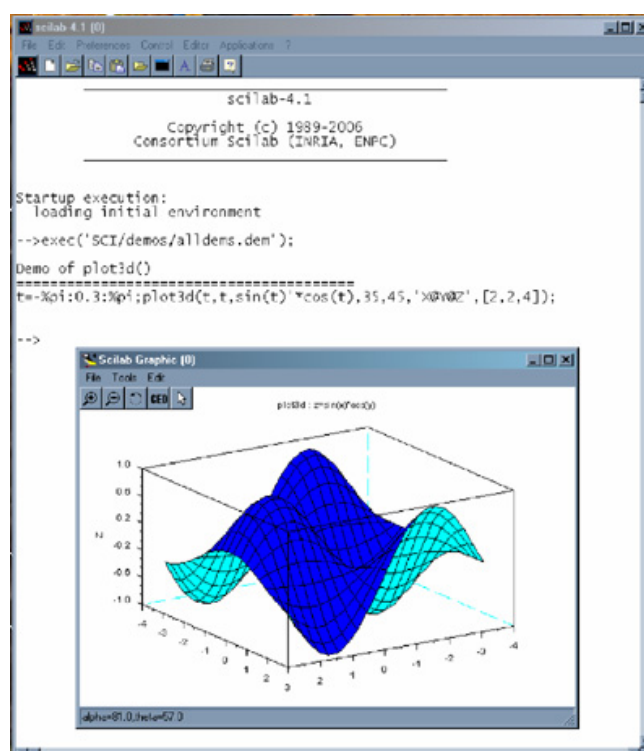
ซอฟต์แวร์โอเพนซอร์ส (Open Source Software) คือซอฟต์แวร์ที่อนุญาตให้ผู้ใช้มีอิสระในการใช้งาน เผยแพร่ และแก้ไขตัวโปรแกรมโดยเปิดเผยรหัส (source code) ของตัวโปรแกรมแก่ผู้สนใจทั่วไป ด้วยแนวคิดและสัญญาอนุญาตนี้ จึงเหมาะเป็นอย่างยิ่งสำหรับ ครูอาจารย์ที่ต้องการหาซอฟต์แวร์มาใช้ รวมทั้งแจกจ่ายให้แก่กันเรียน นักศึกษานำไปใช้ในการเรียน ค้นคว้าหาความรู้ได้ หรือเหมาะสำหรับนักวิจัย ที่จะมียซอฟต์แวร์ต้นทุนต่ำเพื่อใช้ในการทำวิจัย

เนื่องจาก งานที่ผู้เขียนทำอยู่ ก่อนข้างจะเกี่ยวข้องกับการพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการเรียนการสอน ดังนั้น บทความนี้จึงขอแนะนำซอฟต์แวร์โอเพนซอร์สหลายๆ โปรแกรม เพื่อให้ผู้อ่านได้พอรู้จักและเริ่มศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองได้ โดยจะเน้นกลุ่มซอฟต์แวร์ที่ให้ครูและอาจารย์ผู้สอน รวมทั้งนักเรียนนักศึกษาสามารถนำไปใช้เพื่อปรับปรุงกระบวนการเรียนการสอน โดยเฉพาะในวิชาฟิสิกส์ให้มีความน่าสนใจ

ซอฟต์แวร์ที่จะกล่าวในบทความนี้ได้แก่ Scilab, Maxima, Audacity, Gimp, OpenOffice, Stellarium และ Celestia ซึ่งซอฟต์แวร์เหล่านี้ สามารถทำงานได้บนระบบปฏิบัติการต่างๆ เช่น Ms Windows, Linux และ Mac OS X รวมทั้งดาวน์โหลดเพื่อใช้งานและแจกจ่ายได้อย่างถูกกฎหมาย

Scilab

ผู้อ่านหลายท่านที่กำลังมองหาซอฟต์แวร์ที่ต้องใช้ เพื่อการคำนวณแบบจำลองคณิตศาสตร์โดยคอมพิวเตอร์ และหลายท่านอาจนึกถึงโปรแกรม MATLAB ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์ ส่วนซอฟต์แวร์โอเพนซอร์สที่ทำงานลักษณะเดียวกันก็มีเป็นทางเลือกอีกหลายโปรแกรม Scilab เป็นหนึ่ง โดยมีความสามารถ เช่น การคำนวณและแสดงกราฟในแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ การประมวลผล

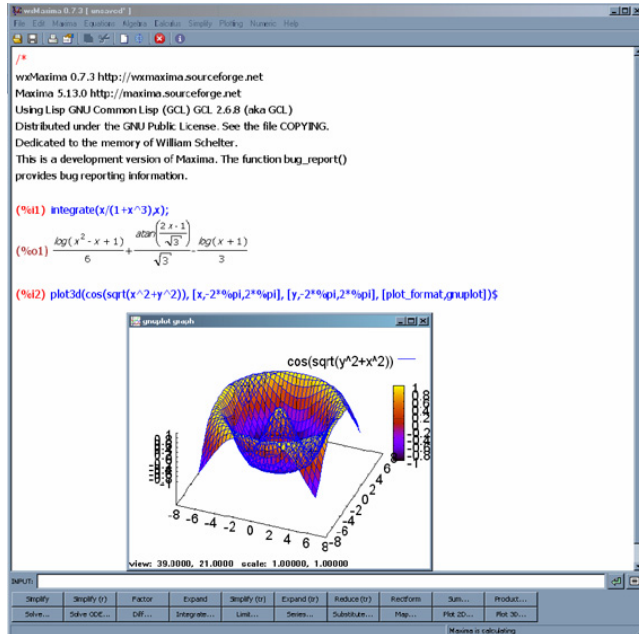


รูปที่ 1 แสดงหน้าจอการทำงานของโปรแกรม Scilab

* นักวิจัย สถาบันการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

พีชคณิตเชิงเส้น (Linear algebra) การคำนวณทางสถิติ และ
ความสามารถอื่นๆ อีกมากมาย

ตัวโปรแกรม รายละเอียดเพิ่มเติม รวมถึงวิธีการใช้งาน
สามารถเข้าไปค้นหาได้ที่ <http://www.scilab.org>



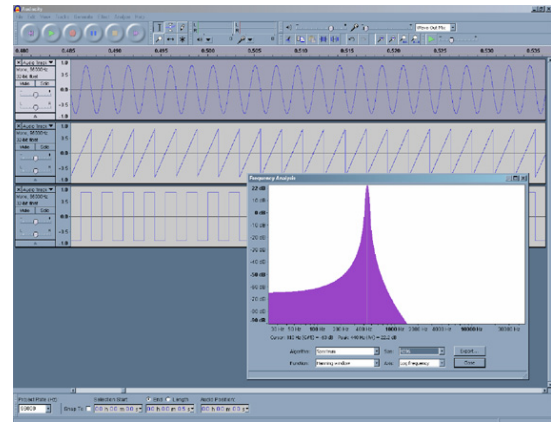
รูปที่ 2 แสดงหน้าจอการทำงานของโปรแกรม Maxima

Maxima เป็นซอฟต์แวร์โอเพนซอร์สที่สามารถประมวลผล
ได้ทั้งแบบตัวเลข (numerical expression) และแบบสัญลักษณ์
(symbolic expression) เช่นเดียวกับโปรแกรม Mathematica หรือ
Maple โดยมีความสามารถที่หลากหลาย เช่น หาอนุพันธ์หรือ
การหาผลลัพท์การอินทิเกรต หรือแสดงกราฟของฟังก์ชันที่สนใจ
ทั้งแบบ 2 มิติและ 3 มิติ การประมวลผลเวกเตอร์ เมทริกซ์ และ
เทนเซอร์

โปรแกรมและข้อมูลเพิ่มเติม สามารถดาวน์โหลดและค้น
หาได้ที่ <http://maxima.sourceforge.net>

Audacity เป็นซอฟต์แวร์โอเพนซอร์ส สำหรับใช้บันทึก
แก้ไข ตัดต่อสัญญาณเสียงแบบดิจิทัล แต่ด้วยความสามารถที่
หลากหลาย เช่น การสังเคราะห์สัญญาณ ในรูปคลื่นต่างๆ ในย่าน
ความถี่เสียง สามารถวิเคราะห์สัญญาณโดยวิธีแปลงฟูเรียร์
(Fourier transform) ทำให้เราสามารถประยุกต์ใช้งานด้านการเรียน
การสอนฟิสิกส์ได้เป็นอย่างดี

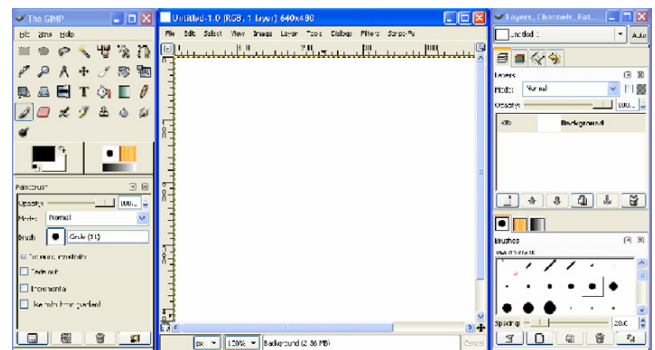
ตัวอย่างการนำซอฟต์แวร์นี้มาใช้ ได้แก่ ใช้สร้างสัญญาณ



รูปที่ 3 แสดงหน้าจอการทำงานของโปรแกรม Audacity

ย่านความถี่เสียงแทนเครื่องกำเนิดสัญญาณจริงๆ เพื่อใช้ใน
การทดลอง หรือใช้วิเคราะห์ความถี่ของสัญญาณเสียงที่บันทึกได้
ซึ่งจะเหมาะที่จะใช้กับกิจกรรมการทดลองทั้งในระดับโรงเรียน
และอุดมศึกษา เช่น ใช้หาความถี่เสียงที่เปลี่ยนไปสำหรับ
ปรากฏการณ์ ดอปเปลอร์ (Doppler Effect) เป็นต้น

ผู้ที่สนใจ สามารถดาวน์โหลดมาทดลองใช้ได้ <http://www.audacity.org>



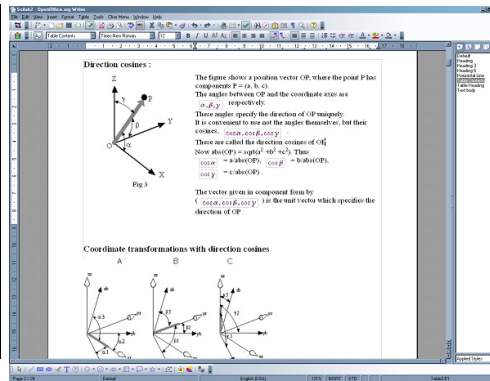
รูปที่ 4 แสดงหน้าจอการทำงานของโปรแกรม Gimp

ท่านผู้อ่านหลายท่าน คงจะรู้จักโปรแกรมแต่งภาพยอดนิยม
อย่าง Adobe Photoshop แล้ว ก็ไม่ควรพลาดที่จะรู้จักซอฟต์แวร์
โอเพนซอร์สที่มีชื่อว่า Gimp ซึ่งด้วยความสามารถใกล้เคียงกัน แต่มี
ราคาขมขื่นกว่ามาก ทำให้ Gimp เป็นซอฟต์แวร์ที่ทำหน้าที่แก้ไข
ตกแต่งรูปภาพที่นำใช้งานตัวหนึ่ง ไม่ว่าจะเป็นการแต่งรูปภาพเพื่อใช้
สำหรับงานเอกสาร การเสนอผลงาน ซึ่งผู้สนใจสามารถเข้าไปดาวน์โหลด
ได้ที่ <http://www.gimp.org>

OpenOffice

โอเพนออฟฟิศ เป็นชุดซอฟต์แวร์สำหรับงานทางด้าน

OpenOffice	Ms Office
Writer	Ms Word
Cale	Ms Excel
Impress	Ms PowerPoint
Base	Ms Access
Draw	???



รูปที่ 5 เปรียบเทียบโปรแกรมที่ใช้ทำงานเอกสาร ระหว่าง โอเพนออฟฟิศคัม ไมโครซอฟท์ออฟฟิศ และแสดงหน้าจอการทำงานของโปรแกรมโอเพนออฟฟิศ

เอกสารต่างๆ โดยมีชุดโปรแกรมที่ทำงานเทียบเคียงกับ Ms Office ดังแสดงในรูปที่ 5

ชุดซอฟต์แวร์ของโอเพนออฟฟิศสามารถใช้ทดแทน Ms Office ได้เป็นอย่างดี และสามารถสร้างเอกสาร PDF ได้ทันที นอกจากนี้ ยังมีโปรแกรมส่วนที่เพิ่มเติมเข้ามา คือ Draw ซึ่ง Draw เป็นโปรแกรมสำหรับวาดรูปอย่างง่ายๆ สำหรับวาดผังงาน หรือภาพประกอบเอกสาร และรวมไปถึงออกแบบโปสเตอร์ สำหรับนำเสนอผลงานได้ ผู้สนใจสามารถดาวน์โหลดซอฟต์แวร์ได้จาก <http://www.openoffice.org>



รูปที่ 6 แสดงหน้าจอการทำงานของโปรแกรม Stellarium

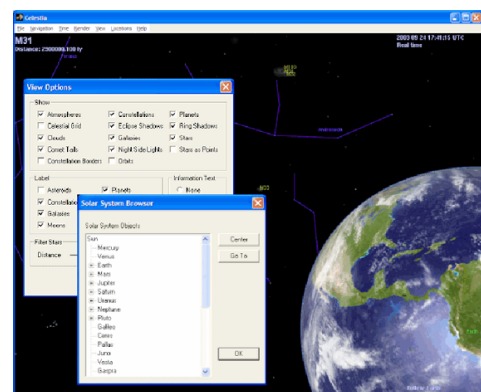
Stellarium เป็นซอฟต์แวร์ทางด้านดาราศาสตร์ แสดงภาพจำลองของท้องฟ้า (Planetarium) ที่ผู้สังเกตจะมองเห็นเมื่ออยู่ตามเวลาและตำแหน่งบนพื้นโลก ซึ่งตัวโปรแกรม สามารถแสดงภาพของวัตถุท้องฟ้า การเคลื่อนที่ของวัตถุท้องฟ้า ระบบพิกัดท้องฟ้า การจัดกลุ่มดาวต่างๆ จึงเหมาะกับผู้สนใจดาราศาสตร์ และเหมาะ

กับการนำไปใช้สอนดาราศาสตร์พื้นฐาน และเนื่องจากการที่เป็นซอฟต์แวร์โอเพนซอร์สเอง ผู้เขียนก็หวังว่าจะมีนักดาราศาสตร์ไทยที่มีความสามารถด้านคอมพิวเตอร์ ช่วยพัฒนาให้โปรแกรมนี้สามารถแสดงการจัดกลุ่มดาวแบบไทยได้ในอนาคต ตัวซอฟต์แวร์สามารถเข้าไปดาวน์โหลดได้ที่ www.stellarium.org

Celestia

Celestia เป็นซอฟต์แวร์ดาราศาสตร์ที่ไม่ได้จำกัดผู้ใช้ให้อยู่แต่บนพื้นโลกเท่านั้น หากแต่สามารถแสดงภาพสามมิติ เหมือนที่ผู้ใช้จะมองเห็นเมื่ออยู่ในอวกาศ ของ ดาวฤกษ์ เทหวัตถุในระบบสุริยะจักรวาล เช่น ดวงอาทิตย์ ดาวเคราะห์ ดวงจันทร์ รวมทั้งยานอวกาศและวัตถุที่มนุษย์ส่งขึ้นไปในอวกาศอีกด้วย นอกจากนี้ ผู้ใช้ยังสามารถสร้างภาพยนตร์สั้นจาก Celestia ได้จึงเหมาะสำหรับครูและอาจารย์ผู้สอนที่ต้องการจะพัฒนาสื่อการเรียนรู้อันดาราศาสตร์ให้มีความน่าสนใจมากขึ้น

ผู้ที่สนใจสามารถดาวน์โหลดซอฟต์แวร์ได้ที่ <http://www.shatters.net/celestia>



รูปที่ 7 แสดงหน้าจอการทำงานของโปรแกรม Celestia

ฟิสิกส์ศึกษา

ซอฟต์แวร์โอเพนซอร์สที่นำเสนอมาทั้งหมดนี้ เป็นเพียงส่วนหนึ่งเท่านั้นของซอฟต์แวร์ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอน หรือแม้แต่งานวิจัยทางฟิสิกส์ แม้ว่าจะมีความสามารถไม่เท่ากับซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์ แต่ในยุคที่ต้องคำนึงถึงเรื่องลิขสิทธิ์และทรัพย์สินทางปัญญา และหากเลือกใช้ให้เหมาะสมกับงาน ซอฟต์แวร์โอเพนซอร์สก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจสำหรับการเรียนการสอนฟิสิกส์ ทั้งในระดับโรงเรียนและระดับอุดมศึกษา



เอกสารอ้างอิง

1. <http://www.thaiopensource.org>
2. <http://www.stellarium.org>
3. <http://www.shatters.net/celestia>
4. <http://audacity.sourceforge.net>
5. <http://www.scilab.org>
6. <http://maxima.sourceforge.net>
7. <http://www.openoffice.org>
8. <http://www.gimp.org>

สมาคมฟิสิกส์ไทย ร่วมกับ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และ ศูนย์ปฏิบัติการวิจัยเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอนแห่งชาติ

ขอเชิญชวน

นักศึกษาปริญญาตรีฟิสิกส์ทุกท่านส่งโครงการการค้นคว้าอิสระเข้าประกวดชิงรางวัล

ด้วยพระราชทานจากสมเด็จพระเจ้าพี่นางเธอ เจ้าฟ้ากัลยาณิวัฒนา กรมหลวงนราธิวาสราชนครินทร์ ครั้งที่ 2



หมยกำหนดการ

- ปีได้รับสมัคร วันที่ 15 กันยายน 2551
- นำเสนอผลงานต่อคณะกรรมการที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี สำหรับนักศึกษาที่ผ่านการคัดเลือก รอบแรก ระหว่างวันที่ 13-17 ตุลาคม 2551
- ประกาศผลวันที่ 31 ตุลาคม 2551
- นักศึกษาที่ชนะเลิศนำเสนอผลงานและรับรางวัลด้วยพระราชทานฯ ในงาน Siam Physics Congress 2009 เดือนมีนาคม 2552

คุณสมบัติของผู้สมัคร

- โครงการการค้นคว้าอิสระที่จะส่งเข้าประกวด จะต้องเป็นเฉพาะของระดับปริญญาตรี สาขาฟิสิกส์ สำหรับผู้ที่กำลังจะจบหรือจบการศึกษาในปีการศึกษา 2550

การส่งโครงการการค้นคว้าอิสระเข้าประกวด ประกอบด้วย

- รายงานฉบับสมบูรณ์จำนวน 3 ฉบับ
- หนังสือรับรองการสำเร็จการศึกษาภายในปีการศึกษา 2550 จากหัวหน้าภาควิชาหรืออาจารย์ที่ปรึกษาโครงการการค้นคว้าอิสระ พร้อมระบุสถานที่ หมายเลขโทรศัพท์ติดต่อ และ E-mail ให้ชัดเจน

ส่งมาที่:

- หัวหน้าสาขาวิชาฟิสิกส์ สำนักวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000
โทรศัพท์ (044) 224319 โทรสาร (044) 224185



ลอนดอน

ธีรพัฒน์ วัลย์ทอง

ประมาณเดือนพฤศจิกายน ค.ศ.1981 ก่อนหมดเวลาทำงานวิจัยที่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีชาลส์เมอร์ ผมทำแผนขอ 'ไอพีทีเอส (International Programme in the Physical Sciences)' ไปดูงานด้านการใช้นิวตรอนในการรักษามะเร็ง การตรวจวัดนิวตรอน การสร้างเครื่องกำเนิดนิวตรอน และการวัดปฏิกิริยานิวเคลียร์ที่เหนี่ยวนำโดยนิวตรอนที่หน่วยงานอิกส์แห่งในยุโรป ซึ่งในกรณีเช่นนี้ ไอพีทีเอส จะขอความเห็นจากบรรดาสตราจารย์ที่ประจำตามห้องปฏิบัติการวิจัยที่เป็นฐาน ผมโชคดีที่ศาสตราจารย์นิลส์ เซอร์เรน(ดูวารสารฟิสิกส์ไทย ฉบับที่แล้ว) ได้ให้คำรับรองสนับสนุนอย่างเต็มที่ แผนงานของผมจึงผ่านการพิจารณาฉลุย

สถานที่แห่งแรกที่ผมเลือกไปคือ หน่วยไซโคลตรอน ของโรงพยาบาล แฮมเมอร์สมิธในกรุงลอนดอน วันที่ 23 พฤศจิกายน ค.ศ. 1981 ผมได้พบกับ ดร. ดี เค บิวเลย์ นักฟิสิกส์ซึ่งเป็นผู้บุกเบิกการใช้นิวตรอนพลังงานสูงในการรักษามะเร็งร่วมกับแพทย์รังสีซึ่งเป็นผู้หญิง ในสมัยนั้นวงการแพทย์รักษามะเร็งด้วยการฉายรังสีซึ่งแถมมาไปด้วยภาวะที่เป็นมะเร็งเพื่อทำลายเซลล์ร้าย แต่เซลล์ดีซึ่งอยู่ในบริเวณใกล้เคียงอาจถูกทำลายไปด้วยได้ โรงพยาบาลแห่งนี้ใช้เครื่องเร่งอนุภาคเชิงวงแบบไซโคลตรอน (cyclotron) เร่งอนุภาค



โรงพยาบาล แฮมเมอร์สมิธในกรุงลอนดอน

ประสบการณ์ฟิลิกส์



ประจุ เช่น คิวตรอนไปชนเป้าเบริลเลียม เกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ ปลดปล่อยนิวตรอนพลังงานประมาณ 10 เมกะอิเล็กตรอนโวลต์ การที่เขาให้ความสนใจกับนิวตรอนก็เพราะว่ารังสีนิวตรอนมีผลเชิงชีวภาพสูงกว่ารังสีแกมมาหลายเท่าตัว นอกจากนี้เซลล์มะเร็งยังเป็นเซลล์ที่ขาดออกซิเจนจึงมักดื้อรังสีแกมมา นั่นคือต้องใช้ปริมาณรังสี (โดส) มากกว่าปกติ ถ้าใช้นิวตรอนแทนรังสีแกมมาเสีย อาจไม่ต้องใช้โดสมาก เป็นการลดผลกระทบต่อเนื้อเยื่อปกติในบริเวณข้างเคียง ผลการรักษาเบื้องต้นชี้ให้เห็นว่ารังสีนิวตรอนใช้รักษามะเร็งโพรงจมูก มะเร็งทวารหนักได้ผลดีกว่ารังสีแกมมา การไปดูงานที่นี้ ทำให้ผมได้แนวคิดในการเปิดแผนงานวิจัยของกลุ่มเราที่เชียงใหม่เพิ่มขึ้น

การมาอังกฤษครั้งนี้ นับเป็นครั้งที่สองของผม ครั้งแรกที่ผมได้เห็นมหานครลอนดอนคือเมื่อผมได้รับทุนบริติชเคาน์ซิล (บีซี) ไปทำปริญญาโททางฟิสิกส์นิวเคลียร์ประยุกต์ที่มหาวิทยาลัยแอตตัน เมืองเบอร์มิงแฮม ประมาณเดือนกันยายน ค.ศ. 1969 ยังจำได้ว่าเครื่องบินจากกรุงเทพฯ ไปลอนดอนที่เวลานั้นมีอาจารย์ภิญโญ (รองศาสตราจารย์ ดร.ภิญโญ พานิชพันธ์) จากมหาวิทยาลัยมหิดลอยู่ด้วย บีซีให้เรามาเข้าคอร์สรีรื่อพื้นภาษาอังกฤษในกรุงลอนดอน ก่อนผมได้ที่พักที่เอร์ลส์ คอร์ท และระหว่างนั้นก็ได้มีโอกาสท่องเที่ยว “โซโห” กับอาจารย์ภิญโญหลายครั้ง ที่นี้อีกเหมือนกันที่ผมได้รู้จักกับสุขุม(อาจารย์สุขุม อตฺวาวุฒิชัย) จากคณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ซึ่งบีซีจัดให้เข้าคอร์สเรียนภาษาอังกฤษเช่นกัน หลังจากนั้นสุขุมก็ขึ้นไปเรียนต่อที่มหาวิทยาลัยโลเวนทร์ ไม่ไกลนักจากเบอร์มิงแฮม สุขุมมาหาผมเป็นประจำในวันหยุดสุดสัปดาห์ เราคบกันเหมือนญาติจนกระทั่งทุกวันนี้

กรุงลอนดอนเป็นอีกเมืองหนึ่งที่จะอยู่ในความทรงจำของ
ผมตลอดไป เหตุการณ์สำคัญที่สุดเหตุการณ์หนึ่งในชีวิตผมเกิดขึ้น

ที่กรุงลอนดอน เมื่อวันที่ 23 เดือนธันวาคม ค.ศ. 1970 ผมและเจ็ว (สจี้ ลิงหยงค์) จดทะเบียนสมรสกันที่สถานเอกอัครราชทูตไทย ผมกับเจ็วตั้งต้นชีวิตใหม่ร่วมกันด้วยพิธีที่เรียบง่ายที่สุด มีผู้เป็นสักขีพยานเพียงสองคนคือด้อย (ดร.เมธี เอกะสิงห์) ซึ่งเป็นญาติ และอาจารย์วันชัย (รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย โพธิ์พิจิตร) เพื่อนรุ่นพี่ หลังพิธีเราไปฉลองกันที่ร้านอาหารจีนในโซโฮ ผมกับเจ็วพักที่ “เดอะ สแตนด์” โรงแรมระดับสี่ดาวในกรุงลอนดอน ยังจำได้ว่าคืนวันแต่งงานคืนนั้นผมดูโทรทัศน์ถ่ายทอดฟุตบอล ด้วยเอฟเอ เฟลิกจนจบการแข่งขัน นับจากวันนั้นก็เกือบครบ 3 รอบแล้วที่เราสองคน “หักปากกาเขียน” อยู่ด้วยกันมาจนถึงวันนี้ ลอนดอนจึงเป็นเมืองที่เราสองคนถวิลหาที่จะกลับไป “รำลึกอดีต” ด้วยกันอยู่ทุกเมื่อเชื่อวัน

ทุกวันนี้เราได้แต่มองภาพสำคัญๆ ที่เปรียบเสมือน
สัญลักษณ์ของกรุงลอนดอนที่ปรากฏอยู่บนจานใบนี้ และหวังว่า
เราคงได้กลับไปเยี่ยมเมืองนี้อีกครั้งหนึ่งด้วยกัน



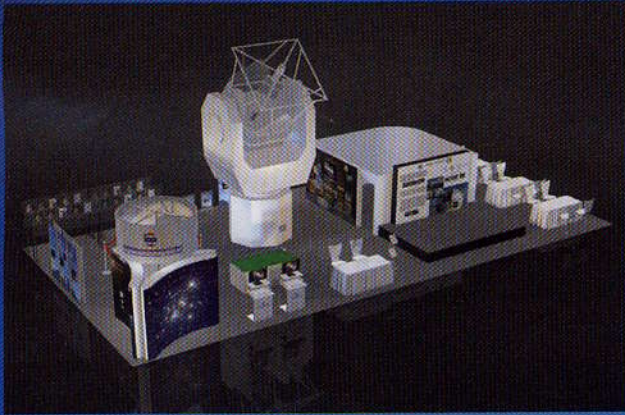
เชิญชมภาพสัปดาห์หน้า 32



High-Light

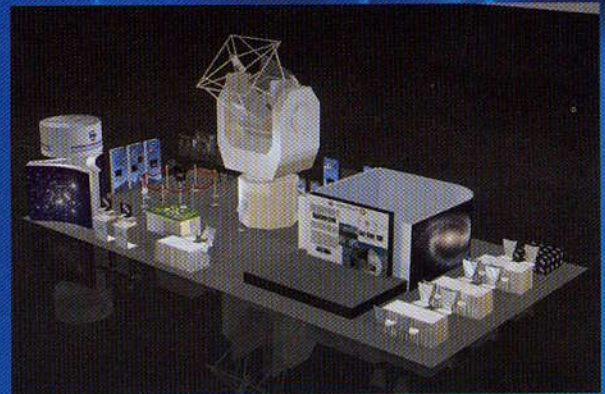
งานมหกรรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
ประจำปี 2551 ในเขต บางนา 8 - 22 สิงหาคม 2551

บูธของสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



1. ชุดนิทรรศการความก้าวหน้าดาราศาสตร์ระดับโลก
 - 1.1 กล้องโทรทรรศน์อวกาศ
 - 1.2 ปีดาราศาสตร์สากล 2009
 - 1.3 ความก้าวหน้าการสังเกตการณ์ดาราศาสตร์แห่งชาติ
 - 1.4 วงแหวนดาวเคราะห์ในระบบสุริยะ
 - 1.5 ประวัติการณ์เรียนรู้
 - 1.6 ประวัติบุคคลสำคัญทางดาราศาสตร์
2. ชุดนิทรรศการความก้าวหน้าการสังเกตการณ์ดาราศาสตร์แห่งชาติ
 - 2.1 ความก้าวหน้าของขั้นตอนในการสังเกตการณ์ดาราศาสตร์แห่งชาติ
 - Multimedia ขั้นตอนในการสังเกตการณ์ดาราศาสตร์แห่งชาติ

3. ชุดนิทรรศการเหตุการณ์สำคัญทางดาราศาสตร์
(ที่สามารถสังเกตเห็นได้ในประเทศไทยอย่างชัดเจน)
 - 3.1 ปรากฏการณ์วงแหวนดาวเสาร์หาย
 - 3.2 ปรากฏการณ์สุริยุปราคาบางส่วนในปี 2009
 - 3.3 ปรากฏการณ์ที่สำคัญทางดาราศาสตร์ในรอบปี 2008 - 2009
 - 3.4 ประวัติบุคคลสำคัญทางดาราศาสตร์ในอดีต
4. ชุดนิทรรศการภาพถ่ายทางดาราศาสตร์
 - 4.1 แสดงผลงานภาพถ่ายทางดาราศาสตร์ที่มีผู้ส่งเข้าร่วมประกวด



กิจกรรมภายในบูธ

1. การประกอบโมเดลกล้องโทรทรรศน์
2. การประกอบโมเดลทรงกลมท้องฟ้า
3. นิทานดาว 3 เรื่อง ตำนานดวงอาทิตย์กับกระต่าย, ดวงอาทิตย์ที่รัก, กลุ่มดาวนายพราน

โครงสร้าง

1. กล้องโทรทรรศน์จำลองขนาดเท่าของจริง
เส้นผ่านศูนย์กลางของกระจกรวมแสง 2.4 เมตร
ความสูง 7.2 เมตร กว้าง 4.2 เมตร
2. กล้องโทรทรรศน์เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 14 นิ้ว
ที่ใช้ในการสำรวจ ทัศนวิสัยท้องฟ้า บนยอดดอยอินทนนท์
3. เวทีกิจกรรม

ติดต่อสอบถาม :

เชียงใหม่ (สำนักงานชั่วคราว)
อาคารฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
จังหวัดเชียงใหม่ 50200
โทรศัพท์ 0-5322-5569, 0-5322-5571 โทรสาร 0-5322-5524

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

Website : www.narit.or.th
Email : info@narit.or.th



ลอนดอน (London)

อ่านรายละเอียดที่ หน้า 29

สมาคมฟิสิกส์ไทย • THAI PHYSICS SOCIETY

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

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



เมื่อจบการฝึกงานที่ วรวิทย์ พ.ศ. 2550

สิ่งตีพิมพ์

หากไม่ถึงผู้รับ โปรดส่งคืน
สมาคมฟิสิกส์ไทย