ISSN 0125 - 2364

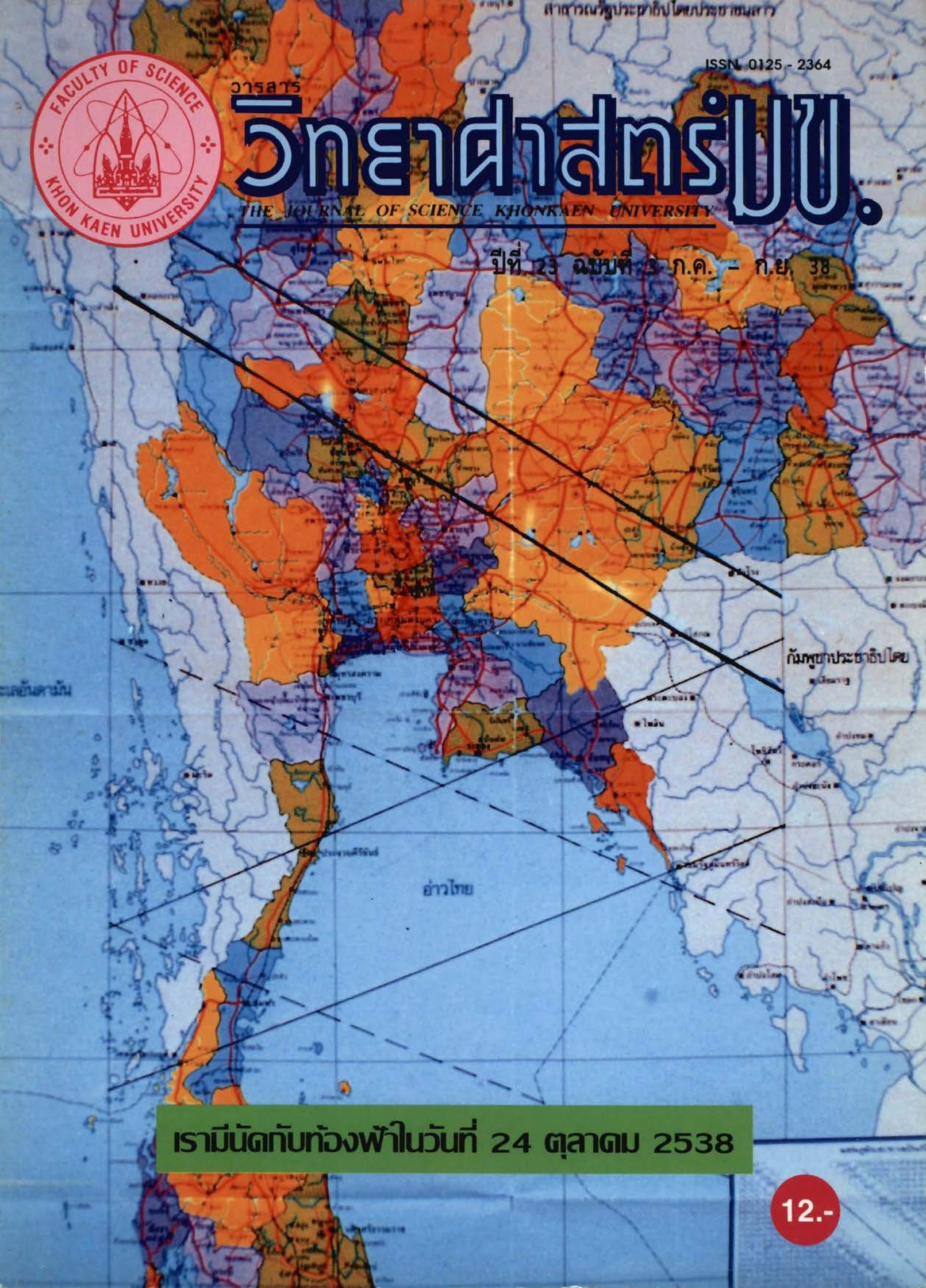
FACULTY OF SCIENCE
KHON KAEN UNIVERSITY

วารสาร

วิทยาศาสตร์ขข.

THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

ปีที่ 23 ฉบับที่ 3 ก.ค. - ก.ย. 38



เรามีนัดกับท้องฟ้าในวันที่ 24 ตุลาคม 2538

12.-

ISSN 0125-2364

วารสาร วิทยาศาสตร์ ขข.
THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

เจ้าของ

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

สำนักงาน

คณะวิทยาศาสตร์ ตึก 6
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อส่งเสริมและเผยแพร่วิทยาการในสาขาวิชาต่าง ๆ ทางด้านวิทยาศาสตร์
2. เพื่อเผยแพร่ผลงานด้านการวิจัย และการศึกษา ค้นคว้าของอาจารย์และนักศึกษา
3. เพื่อเป็นสื่อกลางการแลกเปลี่ยนความรู้และแนวความคิดทางวิชาการระหว่างอาจารย์ นักศึกษาและผู้สนใจ ทั้งภายในและภายนอกสถาบัน

กำหนดออก ปีละ 4 ฉบับ

ฉบับที่ 1 มกราคม - มีนาคม
ฉบับที่ 2 เมษายน - มิถุนายน
ฉบับที่ 3 กรกฎาคม - กันยายน
ฉบับที่ 4 ตุลาคม - ธันวาคม

ค่าบำรุง ปีละ 40 บาท ขายปลีก เล่มละ 12 บาท

การบอกรับเป็นสมาชิก

แจ้งความจำนงเป็นจดหมาย หรือกรอกใบสมัครเป็นสมาชิก พร้อมส่งค่าบำรุงเป็นธนาณัติหรือเช็คไปรษณีย์ในนามของนางลักขณา สุขบาง ฝ่ายจัดการ สั่งจ่าย ป.ท.มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002

บทความหรือข้อคิดเห็นใด ๆ ในวารสารนี้เป็นของผู้เขียน ไม่จำเป็นต้องสอดคล้องกับทัศนะของกองบรรณาธิการ

สารบัญ

ISSN 0125 - 2364

วารสาร
วิทยาศาสตร์ มข.
THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

ปีที่ 23 ฉบับที่ 3

สารบัญ (ต่อ)

ISSN 0125 - 2364

วารสาร
วิทยาศาสตร์ มข.
THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

ปีที่ 23 ฉบับที่ 3

คอลัมน์ประจำ

เบ็ดเตล็ด

ปกหลังใน

ISSN 0125-2884

วิทยาศาสตร์ขอนแก่น

THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

Publisher

Faculty of Science, Khon Kaen University, Thailand.

Office

Faculty of Science, Building 6, Khon Kaen University.

Objectives

1. To promote and propagate knowledge in all fields of science.
2. To publish results from research and studies by academic staff and students.
3. To be a medium for the exchange of knowledge and ideas among staff, students and those interested from both inside and outside the institute.

Publishing terms

four issues per annual volume
Issue no. 1 January - March
Issue no. 2 April - June
Issue no. 3 July - September
Issue no. 4 October - December

Subscription rate

40 baht per annum. Single issue price 12 baht.

Membership

Membership request can be made by letter or by completing the membership form, with the free paid in the form of a postal order of postal cheque sent to Mrs. Luckana Sukban, Managing Committee, Khon Kaen University Post Office, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002

คำบรรยายภาพปกหน้าและปกหลัง

ปกหน้า

ภาพแผนที่ประเทศไทย แสดงแนวมืดของการเกิดสุริยุปราคาเต็มดวงที่พาดผ่านประเทศไทย โดยคู่ของเส้นทึบที่สุดด้านบน แสดงแนวมืดในวันที่ 24 ตุลาคม พ.ศ. 2538 คู่ของเส้นปกติด้านล่าง แสดงแนวมืดในวันที่ 11 เมษายน พ.ศ. 2613 และคู่เส้นประด้านล่าง แสดงแนวมืดซึ่งพระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว เสด็จทอดพระเนตร ณ ตำบลหว้ากอ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เมื่อวันที่ 18 สิงหาคม พ.ศ. 2411

(เอื้อเฟื้อภาพโดย ผศ.ดร.ขาว เหมือนวงศ์)

ปกหลัง

เอ็มบริโอหนูเล็ก (mouse) ระยะบลาสโทซิสต์ (blastocyst) จากการเพาะเลี้ยงในสารอาหารเลี้ยงเอ็มบริโอชื่อ M16 ตั้งแต่ระยะสองเซลล์เป็นเวลา 72 ชั่วโมง แสดงให้เห็นนิวเคลียสที่ย้อมติดสีฟลูออเรสเซนซ์ Hoechst 33258

(เอื้อเฟื้อภาพโดย ผศ.ดร.อมรา วินิจสานันท์)

บรรณาธิการแถลง

เป็นโอกาสดียิ่งที่วารสารวิทยาศาสตร์ มข. ได้เข้าพบและสัมภาษณ์ ผศ.ดร. ขาว เหมือนวงศ์ปรมาจารย์ทางดาราศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยขอนแก่น ซึ่งท่านเป็นผู้คำนวณสุริยุปราคาเต็มดวง ที่จะเกิดขึ้นในวันที่ 24 ตุลาคม 2538 ที่จะถึงนี้ ดังนั้นฉบับนี้ จึงมีข้อมูลและรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับเรื่องสุริยุปราคาอย่างครบครัน ทั้งตำแหน่ง เวลา ปรากฏการณ์ การสังเกต และการถ่ายรูป ทั้งยังมีงานวิจัยของอาจารย์นิพนธ์ กสิพร้อง ซึ่งศึกษาถึงการส่องผ่านของรังสีต่าง ๆ จากดวงอาทิตย์ผ่านแผ่นฟิล์มกรองแสงชนิดต่าง ๆ ซึ่งจะเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์มากในการนำไปประดิษฐ์แว่นเพื่อใช้ส่องดูดวงอาทิตย์ขณะที่ยังเกิดสุริยุปราคาไม่เต็มดวง และใคร่ขอเชิญชวนให้ทุกคนศึกษาข้อมูลรายละเอียดของสุริยุปราคาเต็มดวงครั้งนี้ เพราะโอกาสดีแบบนี้หาไม่ได้ง่าย ๆ พลาดจากครั้งนี้ไปก็ต้องรอจนกว่าจะถึง 11 เมษายน 2613 หรืออีก 75 ปีข้างหน้า

ที่น่ายินดีอีกอย่างคือ วารสารวิทยาศาสตร์ มข. ฉบับนี้ได้รับเกียรติจาก ดร.อิทธิ ฤทธาภรณ์ นักวิทยาศาสตร์ไทยที่ไปทำงานที่ Superconductivity Research Lab, ISTEC ประเทศญี่ปุ่น กรุณาเขียนบทความที่เป็นประเด็นน่าสนใจทางคณิตศาสตร์และฟิสิกส์ ซึ่งถ้าเป็นไปได้ท่านก็คงจะเขียนเป็นคอลัมน์ประจำของวารสารนี้

เนื้อหาของฉบับนี้ นอกจากบทสัมภาษณ์เกี่ยวกับสุริยุปราคาเต็มดวง และงานวิจัยเกี่ยวกับฟิล์มกรองแสงแล้ว ก็มีบทความเกี่ยวกับความร้อนในเรื่องวัตถุสีเข้มเย็นเร็วจริงหรือ ทางเคมีก็มีบทความเกี่ยวกับเทคโนโลยีสารสนเทศ เรื่อง ห้องเรียนในปีค.ศ. 2000 และทางด้านสัตววิทยามีรายงานการวิจัยเกี่ยวกับพัฒนาการของเอมบริโอหนู และที่ไม่เคยขาดคือคอลัมน์ประจำที่ยังคงอยู่ครบครัน ถึงแม้ว่านายศิลามณี ณ เชียงของจะกลับเมืองไปแล้ว ก็ยังมีตัวแทนมารับช่วงต่อในคอลัมน์เกร็ดเล็กเกร็ดน้อยซึ่งเขียนเรื่องวิชาการด้วยบรรยากาศที่เป็นกันเองและแถมด้วยเรื่องคณิตศาสตร์ชวนคิดของดร.อิทธิ ฤทธาภรณ์เข้าไปอีก และปิดท้ายกันด้วยเรื่องเบ็ดเตล็ดเป็นการสรุปงานสัปดาห์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ ในส่วนของคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ซึ่งจัดไปเมื่อวันที่ 15-18 สิงหาคม ที่ผ่านมา ในหัวข้อเรื่อง เทคโนโลยีสารสนเทศก้าวไกลเศรษฐกิจไทยมั่นคง

เมื่อฉบับที่แล้ว ทางกองบรรณาธิการได้เสนอรูปแบบการเขียนเอกสารอ้างอิง เพื่อให้เป็นเอกภาพในการอ้างอิง และสะดวกในการค้นคว้าเพิ่มเติมในภายหน้า แต่เนื่องจากยังมีบทความบางเรื่องที่ผู้เขียนส่งมาก่อนล่วงหน้า และอยู่ระหว่างการอ่านของผู้เชี่ยวชาญ หรือระหว่างรอการตีพิมพ์ ดังนั้น จึงอาจยังมีบทความบางเรื่องที่ยังอ้างอิงด้วยสไตส์สากลนิยมอยู่ แต่ในฉบับถัด ๆ ไปคงจะลดลง หรือถ้าท่านกำลังจะเริ่มลงมือเขียนบทความ กรุณาอ้างอิงแบบตามลำดับ (Order system) ตามรายละเอียดในส่วนท้ายของวารสารนี้

สวัสดีครับ

พิสิฏฐ์ เจริญสุดใจ

กันยายน 2538

ว.วิทย มข. 23(3) : 97-100 (2538)

กองบรรณาธิการ

ข่าววิทยาศาสตร์เทคโนโลยี

ระบบเกื้อหนุนชีวิตในอวกาศ

รายงานการศึกษาขององค์การนาซาแห่งอเมริกา เปิดเผยว่าระบบการปลูกพืชที่นำขึ้นไปกับยานอวกาศ สามารถเกื้อหนุนชีวิตนักบินในยานได้เป็นระยะเวลาอันยาวนาน โครงการนี้ดำเนินการโดยนักวิทยาศาสตร์ของศูนย์อวกาศเคนเนดี้ (Kennedy Space Center, KSC) ซึ่งการทดลองนี้ใช้เวลายาวนานถึง 418 วัน ภายในห้องที่ควบคุมสภาวะแวดล้อมอย่างดี ได้พบว่ามันฝรั่งที่ปลูกไว้สามารถผลิตแก๊สออกซิเจนได้เพียงพอสำหรับลูกเรือ 1 คน และยังช่วยกำจัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์อีกด้วย นอกจากนี้ผลิตผลที่ได้จากมันฝรั่งยังให้พลังงานได้ถึง 55 เปอร์เซนต์ ของปริมาณพลังงานที่ต้องการทั้งหมดต่อนักบินอวกาศ 1 คน และสำหรับระบบที่ใหญ่ขึ้นกว่านี้ก็จะสามารถเกื้อหนุนชีวิตได้นานกว่านี้ นอกจากมันฝรั่งแล้วพืชชนิดอื่นที่ได้นำไปทดลองและให้ผลเช่นกันก็คือ ข้าวสาลี ข้อดีของระบบนี้ไม่เพียงแต่เกื้อหนุนชีวิตได้เท่านั้น แต่ที่สำคัญอยู่ที่การที่ระบบสามารถนำสิ่งต่าง ๆ ที่ใช้ไปแล้วกลับมาใช้ใหม่ได้อีกนั่นเอง

(แหล่งข่าว : NASA HQ Public Affairs office <NASA News @ luna. osf. hq. nasa. gov>)

กระจกเงาแม่เหล็ก (Magnetic mirror)

กระจกเงาทั่วไปสะท้อนแสง แต่สำหรับกระจกเงาแม่เหล็กสะท้อนอะตอมที่เย็นจัด เรื่องนี้เป็นผลงานของ Edward Hinds และผู้ร่วมงานแห่งมหาวิทยาลัยเยล โดยกระจกที่ว่านี้ทำจากเทปแม่เหล็กที่ใช้บันทึกเสียงทั่ว ๆ ไป จากนั้นทำให้อะตอมของแก๊สรูบิเดียม (Rb^{85}) เย็นลงด้วยแสงเลเซอร์และสนามแม่เหล็ก ระบบนี้ไม่เพียงแต่ช่วยทำให้อะตอมเย็นลงเท่านั้น แต่ยังช่วยเปลี่ยนทิศทางโมเมนต์แม่เหล็กของอะตอมอีกด้วย เมื่ออุณหภูมิเย็นลงจนถึงอุณหภูมิประมาณ 30 ล้านส่วน ของหนึ่งองศาเหนือศูนย์เคลวิน อะตอมจากระดับความสูง 1 นิ้ว จะตกลงบนแผ่นเทปแม่เหล็กและเนื่องจากอันตรกิริยาระหว่างโมเมนต์แม่เหล็กของอะตอมกับบริเวณแม่เหล็กเล็ก ๆ บนเทป อะตอมที่ตกลงไปจะกระดอนหรือสะท้อนกลับอย่างเป็นระเบียบกลับไปกลับมาได้ และไม่นานมานี้ Hinds ได้ใช้แผ่นดิสต์สำหรับคอมพิวเตอร์ทำเป็นกระจกเว้าเพื่อทำหน้าที่โฟกัสอะตอมที่ถูกสะท้อนออกมาให้ไปรวมกัน ณ จุดหนึ่ง ความเป็นไปได้ในอนาคตก็คือการสร้างเกรตติงแบบสะท้อนจากกระจกเงาแม่เหล็กสำหรับสะท้อนอะตอม ทั้งนี้เพื่อศึกษาคุณสมบัติความเป็นคลื่นของอะตอม

(แหล่งข่าว : AIP listserver <physnews@aip. org>)

แสงเลเซอร์ธรรมชาติ

จากการทำนายของนักวิทยาศาสตร์ชาวอเมริกัน ผู้ได้รับรางวัลโนเบล Charles Townes เกี่ยวกับการขยายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยอาศัยการกระตุ้นให้เปล่งแสงในปี ค.ศ.1951 ซึ่งต่อมาในปี ค.ศ.1954 กลุ่มวิจัยของเขาในมหาวิทยาลัยโคลัมเบีย ก็สร้างระบบที่ทำนายไว้นี้ได้สำเร็จเป็นครั้งแรกในห้องปฏิบัติการโดยเรียกคลื่นที่ถูกขยายนี้ว่าเมเซอร์ (MASER, ย่อจาก Microwave Amplification by the Stimulated Emission of Radiation) หลังจากนั้นในปี ค.ศ.1960 Theodore Maiman แห่งห้องปฏิบัติการวิจัยฮิวจ์ (Hughes Research Laboratories) ก็ได้พัฒนาเครื่องมือเพื่อขยายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในย่านที่ตามองเห็นได้สำเร็จ และเรียกแสงนี้ว่า เลเซอร์ (LASER, ย่อจาก Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation)

หลังจากนั้นไม่นานเมเซอร์ที่เกิดขึ้นเองในธรรมชาติก็ได้ถูกค้นพบในอวกาศ และสำหรับเลเซอร์ก็เช่นเดียวกัน คือ มีการทำนายมานานมากกว่า 15 ปีแล้วว่าจะพบได้ในธรรมชาติ และก็เป็นจริงเมื่อหอสังเกตการณ์ลอยฟ้า KAO (Kuiper Airborne Observatory) ของนาซาได้เล็งกล้องโทรทัศน์อินฟราเรดไปยังกลุ่มดาวหงษ์ (Constellation Cygnus) เลเซอร์ที่ถูกค้นพบในห้วงอวกาศนี้จะเป็นเครื่องมือที่ทรงอำนาจในการช่วยตรวจสอบสภาวะของแก๊สและฝุ่นที่แผ่กระจายรอบดาวเกิดใหม่ นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่ากลุ่มฝุ่นและแก๊สเหล่านี้ คือบริเวณที่เกิดการก่อตัวเป็น ดาวเคราะห์

เลเซอร์ที่เกิดขึ้นนี้เกิดจากการกระตุ้นอะตอมของแก๊สไฮโดรเจนที่จับกลุ่มกันอยู่อย่างหนาแน่นในบริเวณฝุ่นที่กระจายอยู่รอบดาว โดยมีแสงในย่านเหนือม่วงที่เข้มมากของดวงดาวเป็นตัวกระตุ้น

(แหล่งข่าว : NASA HQ Public Affairs Office <NASA News@ luna. osf. hq. nasa. gov>)

การตรวจสอบจิบเบอเรลลินในดอกพีทูเนีย

การชักนำให้เกิดดอกของยีนส์ที่กำหนด การสังเคราะห์แอนโทไซยานิน (anthocyanin) และผลในทางตรงกันข้ามกันของกรดแอบซิสซิค (abscisic acid)

การยืดตัวและการสร้างสีของชั้นกลีบดอกพีทูเนีย *(Petunia hybrida)* จะต้องมีอับเรณู แต่สามารถใช้กรดจิบเบอเรลลิค (GA_3) แทนอับเรณูได้ เนื้อเยื่อของทั้งชั้นกลีบดอกและอับเรณูมี GA_1 GA_4 และ GA_9 โดยมีปริมาณของ GA_4 มากที่สุด ในการเพาะเลี้ยงดอกในห้องปฏิบัติการพบว่า GA เหล่านี้เป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการสร้างสีในชั้นของกลีบดอก กระตุ้นให้มีการสะสม chalcone synthase (chs) mRNA และการถอดระหัสยีนส์ chs (chs transcription) แต่อนุพันธ์ methyl ester ของ GA_3 และ GA_4 ไม่มีผลต่อการกระตุ้นการสร้างสีดังกล่าว แต่ก็ไม่ยับยั้งการทำงานของ GA_3 อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าเราจะไม่ทราบว่ากรดแอบซิสซิค (ABA) จะมีส่วนเกี่ยวข้องในการแก่ของชั้นกลีบดอกหรือไม่ แต่มันก็ไม่ยับยั้งการสร้างสีในดอกซึ่งลบล้างผลของอับเรณูทั้งนี้เพราะว่า ABA ยับยั้งกระบวนการกระตุ้นการทำงานของ chs promoter โดย GA_3 การสังเคราะห์สีแอนไซยนิน จะต้องมียีนส์ทำงานร่วมกันไม่น้อยกว่า 15 ชนิด

(แหล่งข่าว : Plant Physiol. (1995). 107 : 695-702)

ทำไม้ให้เป็นสารแม่เหล็ก

คณะวิจัยแห่งมหาวิทยาลัยอิวาเต ญี่ปุ่น ร่วมกับภาคเอกชน ได้พัฒนาการผลิตไม้ที่มีสมบัติทางแม่เหล็ก โดยผสมผสานการอัดสารแม่เหล็กที่เป็นของเหลวเข้าไปในโครงสร้างไฟเบอร์ของไม้กับกระบวนการทำแห้ง คณะวิจัยอ้างว่ากระบวนการผลิตแบบนี้ใช้ได้กับไม้ทุกชนิด ไม้ที่ผ่านกระบวนการดังกล่าวจะมีคุณภาพดีขึ้นในด้านความแข็งแรง การทนความร้อนและไม่ไหม้ไฟ และยังมีสมบัติทางแม่เหล็ก (คือยอมให้สนามแม่เหล็กผ่านได้) ซึ่งไม้ตามปกติไม่มี

เทคนิคการผลิตที่ใช้อาศัยสมบัติเฉพาะของไม้ที่มีโครงสร้างไฟเบอร์ซึ่งสามารถดูดซึมความชื้นได้ ในการทดลองจะต้องอบชิ้นงานไม้นาน 3 ชั่วโมง ณ อุณหภูมิ 85 °c ในเตาอบ แล้วจึงอัดสารละลายที่มี ferite เข้าไปในชิ้นงานไม้ภายใต้ความดัน 7 kg ต่อตารางเซนติเมตร นำชิ้นงานไปอบแห้งนาน 6 ชั่วโมง และอบอีก 2 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 80 °c จากนั้นเคลือบผิวไม้ด้วยแลคเกอร์เพื่อป้องกันการระเหยของสารละลายแม่เหล็ก

ไม้ที่มีสมบัติทางแม่เหล็กนี้ สามารถใช้ในการผลิตเฟอร์นิเจอร์ชนิดดี ใช้ผลิตอุปกรณ์ไฟฟ้าและอุปกรณ์เสียง รวมทั้งอุปกรณ์ที่สามารถทนทานต่อ high-frequency heating การใช้ไม้ในการผลิตอุปกรณ์ดังกล่าวจะมีความได้เปรียบต่อสารแม่เหล็กอื่น ๆ เช่น โลหะหรือเซรามิกส์ เพราะไม้ให้ผิวสัมผัสที่นุ่มนวลกว่าสามารถทำให้เป็นรูปร่างได้ดีกว่าและยังมีแรงดึงดูดทางแม่เหล็กอีกด้วย

(จากวารสาร New Technology Japan, ปีที่ 23 ฉบับที่ 3 เดือนมิถุนายน 2538 หน้า 18)

เครื่องตรวจควันดำ

สถาบันวัสดุและงานวิจัยเคมีในองค์การวิทยาศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยีแห่งชาติของญี่ปุ่น ได้พัฒนาระบบเครื่องมือที่สามารถวัดความหนาแน่นของควันดำในบรรยากาศที่ถูกปล่อยออกจากท่อไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซลเป็นผลสำเร็จ เครื่องมือดังกล่าวเป็นขนาดตั้งโต๊ะใช้ laser จากสารกึ่งตัวนำ (แกลเลียม-อลูมิเนียม-อาร์ซีไนด์) ซึ่งมีความยาวคลื่นออสซิเลชัน 806 nm และเอาท์-พุทประมาณ 0.5 w เมื่อให้ไอเสียจากเครื่องยนต์ผ่านเข้ามาในระบบของเครื่องมือ ไอเสียจะได้รับรังสีจากแสงเลเซอร์ด้วยความถี่ 367 Hz ควันดำในไอเสียจะดูดกลืนแสงไว้ และทำให้อากาศโดยรอบควันดำนั้นร้อนขึ้น เมื่อปิดลำแสงเลเซอร์อากาศก็จะเย็นลง ถ้าเราเปิดและปิดลำแสงเลเซอร์สลับกัน อากาศจะขยายตัวและหดลงสลับกันด้วย ทำให้เกิดคลื่นเสียงซึ่งมีความถี่เท่ากับความถี่ของการสั่นของแสงเลเซอร์ สถานการณ์นี้ตรวจวัดได้ด้วยไมโครโฟนที่มีความไวสูง ส่วนองค์ประกอบอื่นที่มีในไอเสีย เช่น กาซ หรืออนุภาคที่ไม่ใช่สีดำ จะไม่ดูดกลืนแสงและไม่ทำให้เกิดความร้อนขึ้น ดังนั้นเครื่องมือนี้จึงใช้ตรวจวัดควันดำได้

จากการทดสอบการทำงานของเครื่องมือนี้พบว่า สามารถใช้วัดความหนาแน่นของควันดำในไอเสียได้อย่างถูกต้องในช่วง 2 μg ถึงมิลลิกรัม และสามารถบอกความแตกต่างของความหนาแน่นของควันดำได้ในเวลา 4 วินาที เครื่องนี้ถูกนำไปทดสอบการใช้งานนอกสถานที่ในบริเวณถนนไฮย์เวย์ในเมืองซูกูบะ โดยสถาบันวิจัยแห่งชาติญี่ปุ่น จึงวางแผนที่จะผลิตเครื่องมือนี้ร่วมกับบริษัท Shimadzu เพราะจนถึงปัจจุบันนี้ ยังไม่มีเครื่องมือใดที่มีประสิทธิภาพเพียงพอในการวิเคราะห์ปริมาณหรือความหนาแน่นของควันดำในไอเสีย วิธีที่ใช้กันในปัจจุบันจึงต้องอาศัยการเก็บควันดำผ่านเยื่อกรองแล้วนำไปวิเคราะห์ทางเคมี ซึ่งต้องอาศัยเวลาและเครื่องมือ อื่น ๆ จึงไม่มีวิธีวิเคราะห์ทันทีอย่างเช่นที่เครื่องมือนี้สามารถกระทำได้

(จากวารสาร New Technology Japan, ปีที่ 23 ฉบับที่ 3 เดือนมิถุนายน 2538 หน้า 36)

แก้คำผิด

ขอแก้สมการที่ผิดในวารสาร วิทย.มข. ปีที่ 23 ฉบับที่ 2 หน้าที่ 72 สมการที่ 2 แก้จาก

$$V^2 + \left(\frac{CL}{Lo}\right)^2 + C^2 \quad \text{.....(2)}$$

เป็น

$$V^2 + \left(\frac{CL}{Lo}\right)^2 = C^2 \quad \text{.....(2)}$$

ว.วิทย มข. 23(3) : 101-111 (2538)

บทความพิเศษ

สัมภาษณ์ ผศ.ดร.ขาว เหมือนวงศ์ : ผู้คำนวณสุริยุปราคาเต็มดวง ในวันที่ 24 ตุลาคม 2538

กองบรรณาธิการ

เป็นโอกาสดีอีกครั้งหนึ่งที่ประชาชนชาวไทยจะได้มีโอกาสเห็นสุริยุปราคาเต็มดวงในประเทศไทยในวันที่ 24 ตุลาคม 2538 หลังจากที่ว่างเว้นมาถึง 40ปี และถ้าพลาดโอกาสครั้งนี้แล้ว ครั้งต่อไปจะมีขึ้นในอีก 75 ปีข้างหน้า (11 เมษายน พ.ศ. 2613) ซึ่งหลายคนในวันนี้คงจะไม่มีโอกาสได้อยู่เห็นอีกครั้ง ดังนั้นควรจะตั้งใจเฝ้ารอ และสังเกตปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในการเกิดสุริยุปราคาครั้งนี้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ถ้าเป็นนักวิทยาศาสตร์ ก็คงจะศึกษาในส่วนขององค์ความรู้ใหม่เพิ่มเติม ส่วนบุคคลที่อยู่ในวงการอื่นก็อาจจะสังเกตไว้เพื่อเล่าให้ลูกหลานได้ฟังในโอกาสต่อไป

แต่จะมีซักกี่คนในประเทศไทยที่รู้ว่าเบื้องหลังความสำเร็จครั้งนี้ บุคคลผู้ที่คำนวณตำแหน่งสถานที่ วัน และเวลา ที่จะเกิดสุริยุปราคาเต็มดวงครั้งนี้ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เขียนขึ้นเอง เป็นอดีตคณบดีคณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น ถึงแม้ว่าท่านจะมีภาระงานบริหารล้นมือ ท่านก็ยังอุตส่าห์เสียสละเวลานอกราชการรวบรวมข้อมูลศึกษาค้นคว้า และเขียนโปรแกรม จนเป็นผลสำเร็จและตีพิมพ์เผยแพร่ ซึ่งบุคคลผู้นี้ คือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขาว เหมือนวงศ์ จากภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ดังนั้นกองบรรณาธิการวารสารฯ ได้ขอเข้าพบและสัมภาษณ์ท่าน เพื่อให้ผู้อ่านได้เตรียมตัวในการสังเกตปรากฏการณ์เกิดสุริยุปราคาเต็มดวง ในวันที่ 24 ตุลาคม 2538 นี้

▲ **(อาจารย์ครับ ผมขออนุญาตเริ่มจากประวัติของท่าน เพื่อแนะนำให้ผู้อ่านเห็นภูมิหลังก่อนที่จะก้าวมาถึงความสำเร็จในจุดนี้**

".....เมื่อผมจบวิทยาศาสตรบัณฑิตจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยรุ่นหลักสูตร 5 ปี ก็มาเป็นอาจารย์มหาวิทยาลัยขอนแก่น....."

ถ้าพูดถึงประวัติผมแล้วยาวมาก จะเอาให้ถูกต้องก็ต้องขอดูประวัติจากงานการเจ้าหน้าที่ของคณะวิทยาศาสตร์ สรุปสั้น ๆ ว่าเมื่อผมจบวิทยาศาสตรบัณฑิตจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยรุ่นหลักสูตร 5 ปี ก็มาเป็นอาจารย์มหาวิทยาลัยขอนแก่น ซึ่งตอนนั้นยังเรียกเป็นมหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตั้งแต่เปิดเทอมต้นปี พ.ศ. 2508 ขณะนั้นมหาวิทยาลัยขอนแก่นยังสร้างไม่เสร็จ นักศึกษายังฝากเรียนประจำที่บริเวณตรงข้ามกับโรงเรียนอำนวยศิลป์ เรียกว่าคณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ ซึ่งมีนักศึกษารุ่น 1 และรุ่น 2 ของมหาวิทยาลัยขอนแก่นฝากเรียนอยู่ที่นั่น บริเวณ

นั้นในขณะนี้กลายเป็นคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

ภาพที่ 1 ผศ. ดร. ขาว เหมือนวงศ์ : ผู้คำนวณสุริยุปราคาเต็มดวงในประเทศไทย

นักศึกษา มข.รุ่น 1 ผมไม่ทันสอน มาสอนในรุ่นที่ 2 ซึ่งรุ่นนั้นตอนนี้ก็เป็นดอกเตอร์ เป็นใหญ่เป็นโต ที่กลับมาเป็นอาจารย์ มข.ก็หลายคน เช่น ดร.จักรกฤษ หอมจันทร์ เป็นต้น สมัยที่มาอยู่ขอนแก่นใหม่ ๆ มีเฉพาะตึกวิทยาศาสตร์ 01 นี่เพียงหลังเดียว ใช้เป็นสถานที่ปฏิบัติการหลาย ๆ อย่าง และหน้าที่ในขณะนั้นคือเป็นหัวหน้าตึก ต้องทำหน้าที่หมดทุกอย่างบางครั้งต้องทำหน้าที่แทนทั้งคณบดี ทั้งเลขานุการคณะฯ จนกระทั่งในปี พ.ศ. 2512 ผมก็ไปศึกษาต่อ ณ มหาวิทยาลัย Western Ontario ประเทศแคนาดา ในสาขาวิชาดาราศาสตร์ จากนั้น ปี พ.ศ. 2515 ก็เดินทางไปศึกษาต่อระดับปริญญาเอกที่มหาวิทยาลัย Sussex ประเทศอังกฤษ

ส่วนประวัติการทำงานนั้น ผมเป็นหัวหน้าภาควิชาปี พ.ศ. 2519 ถึง พ.ศ. 2520 ตอนนั้นยังไม่มีระเบียบว่าให้ดำรงตำแหน่งกี่ปี แต่เป็นสัญญาลูกผู้ชาย (gentleman agreement) ที่จะทำงานเทอมละ 2 ปี พอหมดวาระแล้วก็ทำงานทางวิชาการอย่างอื่นเรื่อยมา จนได้รับเลือกตั้งเป็นคณบดีคณะวิทยาศาสตร์ตั้งแต่ เดือนตุลาคม พ.ศ. 2533 จนหมดวาระเมื่อปี พ.ศ. 2537 ซึ่งก็ได้รับความร่วมมือช่วยเหลือทั้งจากเพื่อนฝูง และน้อง ๆ จนสำเร็จลุล่วงมาด้วยดี

สำหรับนักศึกษาในคณะวิทยาศาสตร์ผมก็ได้สอนมาตั้งแต่รุ่นแรกและที่ผมภูมิใจมากอย่างหนึ่ง คือ ได้รวบรวมทำเนียบบัณฑิตของคณะวิทยาศาสตร์ตั้งแต่รุ่นแรก ซึ่งเข้ารับการศึกษาตั้งแต่ปีการศึกษา 2519 และตีพิมพ์ลงในหนังสือ 30 ปีของคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และยังรวมถึงรายชื่ออาจารย์ ตลอดจนเจ้าหน้าที่ต่าง ๆ เพื่อช่วยในการสืบค้นต้นตอ ทำให้คนอยู่อย่างมีวิญญาณ ใครที่จะจัดงานชุมนุมศิษย์เก่า ผมได้ทำแผ่น diskette รวมรายชื่อของทั้งศิษย์เก่า ศิษย์ปัจจุบัน อาจารย์ ตลอดจนถึงเจ้าหน้าที่ต่าง ๆ โดยขอมาได้ที่คุณจินตนา สุประดิษฐอาภรณ์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เพื่อนำไปแก้ไขในส่วนของชื่อ นามสกุล คำนำหน้าชื่อหรือที่อยู่ เพื่อช่วยให้ฐานข้อมูลนั้นทันสมัย จากทำเนียบนี้รุ่นน้องก็จะได้รู้จักรุ่นพี่ และช่วยเหลือกันระหว่างรุ่นพี่และรุ่นน้อง จับกลุ่มเป็นกำลังขึ้นมา ที่สนุกมากคือมีคนชื่อ เสนาะ เทียนทอง จบการศึกษาจากภาควิชาคณิตศาสตร์ แต่เป็นคนละคนกับคุณเสนาะ เทียนทอง ซึ่งเป็นรัฐมนตรีอยู่ในปัจจุบันนี้นะ

▲ ขอให้อาจารย์กรุณาเล่าถึงความเป็นมาของสุริยุปราคาเต็มดวงในประเทศไทย ตลอดจนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณครั้งนี้

".....ผลก็ยืนยันว่าเกิดขึ้นจริงอย่างถูกต้องและแม่นยำมาก จนเป็นที่ประจักษ์และได้รับการยกย่องให้เป็น "พระบิดาแห่งวิทยาศาสตร์ไทย"....."

เรื่องนี้ถ้าจะเริ่มควรจะเริ่มจากการที่พระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 4

พระองค์ท่านได้ทรงคำนวณวัน เวลา และสถานที่ที่จะเกิดสุริยุปราคาเต็มดวงในประเทศไทยโดยใช้หลักวิชาทางวิทยาศาสตร์ ไม่ใช่หลักการทางโหราศาสตร์และยังเป็นการพยากรณ์ล่วงหน้าเป็นเวลาถึง 2 ปี ซึ่งผลก็ยืนยันว่าเกิดขึ้นจริงอย่างถูกต้องและแม่นยำมาก จนเป็นที่ประจักษ์ และได้รับการยกย่องให้เป็น *"พระบิดาแห่งวิทยาศาสตร์ไทย"* ซึ่งคณะวิทยาศาสตร์ ก็ได้ก่อสร้างพระบรมราชานุสาวรีย์ ขนาดเท่าครึ่งพระองค์จริงเพื่อสักการะ และมีการถวายพานพุ่มในวันที่ 18 สิงหาคม เป็นประจำทุกปี ซึ่งวันที่ 18 สิงหาคมเป็นวันที่พระองค์ท่านเป็นผู้คำนวณว่าจะเกิดสุริยุปราคาเต็มดวง และก็เป็นจริงตามนั้น จึงถือได้ว่าชาติไทยมีภูมิหลังทางวิทยาศาสตร์ที่สูงส่งอย่างยิ่ง ควรแก่การที่จะได้ระลึกถึงและเป็นเครื่องให้สติในการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสืบไป

ภาพที่ 2 สมเด็จพระนารายณ์มหาราชทรงทอดพระเนตรสุริยุปราคา

เป็นที่น่าอัศจรรย์เป็นอย่างยิ่งที่สุริยุปราคาที่พระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัวค้นพบนั้นเป็นชุดเดียวกันกับที่สมเด็จพระนารายณ์มหาราชทรงทอดพระเนตรเมื่อปี พ.ศ. 2231 ซึ่งห่างกัน 65,853 วัน หรือ 10 ซาลอส (saros) จึงถือได้ว่าสุริยุปราคาชุดนี้เป็นสื่อสัมพันธ์แห่งพระมหากษัตราธิราชเจ้าทั้งสองพระองค์นั้น

จุดเริ่มต้นที่ทำให้ผมมาศึกษาเรื่องนี้ เพราะว่าในขณะที่ผมศึกษาอยู่ในประเทศอังกฤษ เหมือนมีแรงบันดาลใจให้ผมเข้าไปในห้องสมุด อายุ 300-400 ปี ของหอดูดาวกรีนิช (Geenwich) ค้นดูว่ามีการบันทึกถึงการพยากรณ์วันที่ 18 สิงหาคม 2411 (ค.ศ.1868) ไว้อย่างไร ต่อมาเมื่อกรุงรัตนโกสินทร์ จะฉลองกรุงครบรอบ 200 ปี ในพ.ศ. 2525 สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์จึงเอาเรื่องนี้มาให้ผมทำ เพราะรู้ดีว่าผมสนใจ และน่าจะทำได้สำเร็จ ซึ่งจากผลการศึกษาในครั้งนั้นเป็นการยืนยันว่าพระองค์ท่านได้ทรงศึกษาข้อมูล และทรงคำนวณด้วยพระองค์เองตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อย่างสมบูรณ์ ทำให้เกิดวันวิทยาศาสตร์ ขึ้นมา

โปรแกรมที่ใช้ในการคำนวณนี้ ผมได้เขียนขึ้นเอง โดยไม่ลอกเลียนแบบจากต่างประเทศ และเป็นโปรแกรมที่มีความถูกต้องแม่นยำมาก แต่ก็ไม่ต้องการขอทุนจากแหล่งต่าง ๆ เพราะไม่ต้องการนำพระนามของพระเจ้าอยู่หัวไปอ้าง ผมทำเพื่องานไม่ต้องการเงินทอง ผมพอใจมากเพราะว่าผลงานนี้เป็นของคนไทย ไม่ต้องรอให้ฝรั่งมาค้นพบ

▲ อาจารย์ครับ ทำไมการเกิดสุริยุปราคาถึงเกิดขึ้นไม่บ่อยครั้งนักครับ

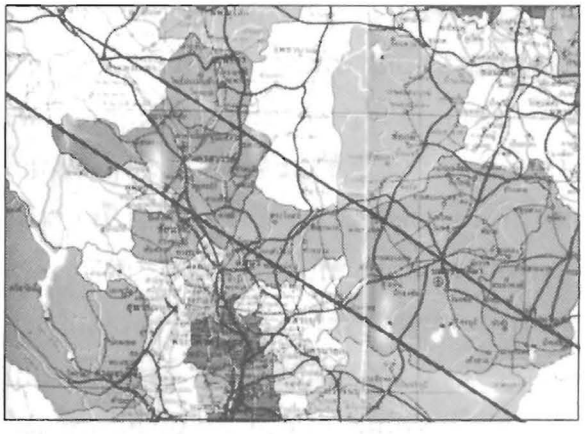
".....ต้องรอจนกระทั่งดวงจันทร์โคจรมาอยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกันกับดวงอาทิตย์ และโลกเสียก่อน ....."

เป็นที่ทราบกันดีว่าสุริยุปราคาเกิดขึ้นเมื่อดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ และโลก มาอยู่ในแนวเดียวกัน แต่เนื่องจากระนาบวงโคจรของดวงจันทร์นั้นเอียงทำมุมกับวงโคจรของโลก ดังนั้นการเกิดสุริยุปราคาจะไม่เกิดขึ้นทุกเดือน ต้องรอจนกระทั่งดวงจันทร์โคจรมาอยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกันกับดวงอาทิตย์และโลกเสียก่อน และสุริยุปราคาในตระกูลเดียวกันจะเกิดขึ้นต่ำกว่าในครั้งก่อน คือถ้าเริ่มเกิดขึ้นครั้งแรกจากขั้วโลกเหนือ ครั้งต่อไปก็จะค่อย ๆ ลดลงมาทางขั้วโลกใต้เรื่อย ๆ หนึ่งวงรอบนี้เป็นเวลา 1,300 ปี แล้วตระกูลนี้ก็จะหมดไป ตระกูลใหม่ก็จะเข้ามาแทนที่ สุริยุปราคาที่ปรากฏในแต่ละปีเป็นคนละตระกูลกัน บางปีก็มี 2 ครั้ง จนกระทั่งบางปีอาจมีมากถึง 7 ครั้ง ตัวอย่างในกรณีของสุริยุปราคาเมื่อครั้งที่พระนารายณ์ทรงทอดพระเนตร และครั้งที่พระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัวทรงทอดพระเนตรนั้นห่างกันถึง 10 saros (ประมาณ 180 ปี) เพราะฉะนั้นสุริยุปราคาในสมัยพระนารายณ์จึงอยู่ใกล้ขั้วโลกเหนือ และในครั้งของพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัวจะใกล้เส้นศูนย์สูตรและตระกูลนี้ก็จะค่อย ๆ ลดลงเรื่อย ๆ

▲ อาจารย์ครับสุริยุปราคาเต็มดวงในประเทศไทยที่อาจารย์คำนวณไว้จะเกิดขึ้นที่ใดบ้าง

".....พบว่ามีอำเภอที่จะเห็นสุริยุปราคามืดเต็มดวงทั้งสิ้น 34 อำเภอ ....."

จากผลการคำนวณของผมพบว่ามีอำเภอที่จะเห็นสุริยุปราคามืดเต็มดวงทั้งสิ้น 34 อำเภอ โดยใช้ข้อมูลตำแหน่งเส้นรุ้งและเส้นแวงจากที่ตั้งของชุมสายโทรศัพท์ในอำเภอต่าง ๆ ดังตารางที่ 1 และภาพที่ 3

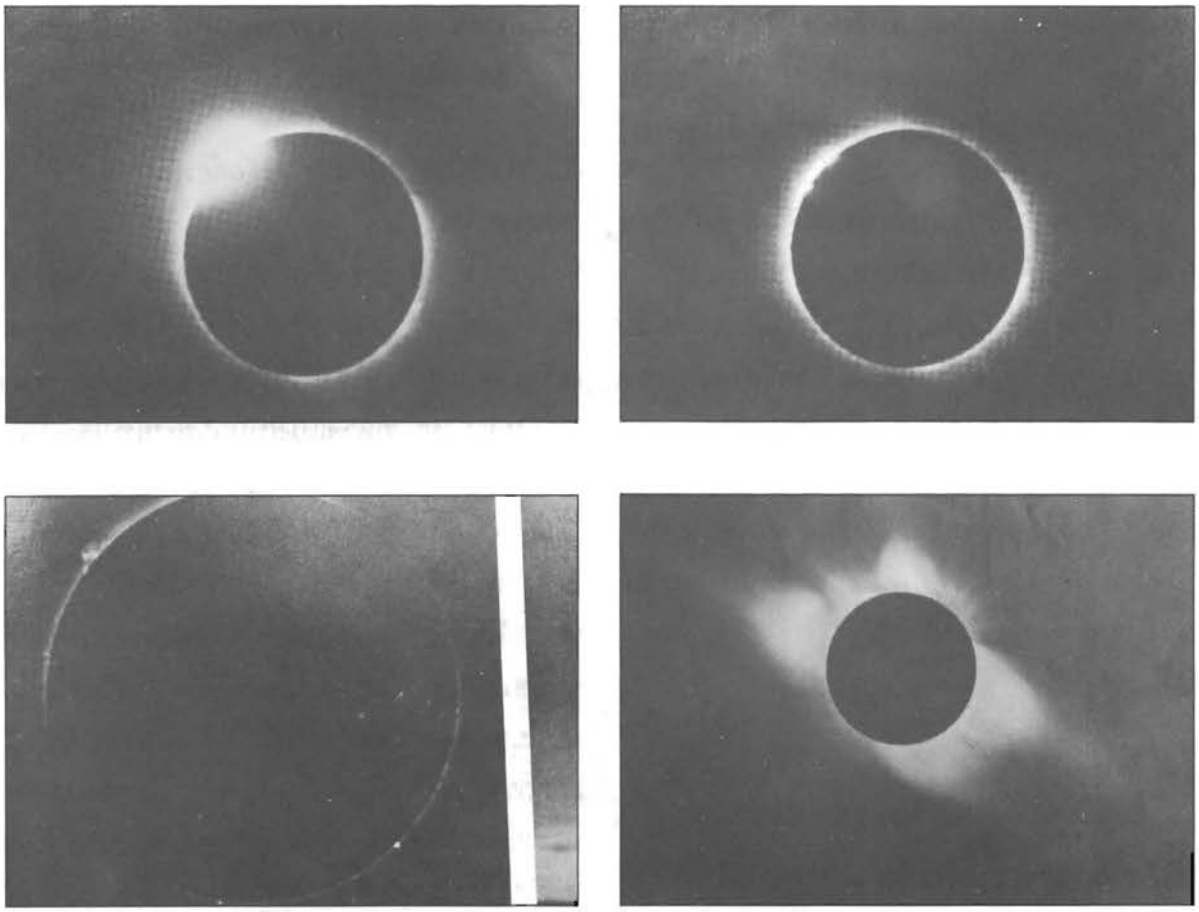


ภาพที่ 3 เส้นทางการเกิดสุริยุปราคาในประเทศไทย

▲ อาจารย์ครับระหว่างที่เกิดสุริยุปราคาเต็มดวงนั้นมีปรากฏการณ์อะไรที่น่าสนใจบ้างครับ

".....ระหว่างนั้นก็มีลักษณะที่ปรากฏในหลายรูปแบบ....."

สุริยุปราคาเต็มดวงเป็นช่วงโอกาสดีที่สุดที่ใช้ในการศึกษาดวงอาทิตย์ ปรากฏการณ์ก็จะเริ่มตั้งแต่ขอบเงาของดวงจันทร์เริ่มสัมผัสกับขอบของดวงอาทิตย์ จนเคลื่อนเข้าบังเต็มดวง แล้วค่อย ๆ เคลื่อนที่ออกจนกระทั่งสิ้นสุดการเกิดคราส ซึ่งระหว่างนั้นก็มีลักษณะที่ปรากฏในหลายรูปแบบ เช่นในระหว่างที่เงาของดวงจันทร์ยังบังดวงอาทิตย์ไม่หมด ก็มีปรากฏการณ์แหวนเพชร (diamond ring) เกิดขึ้นเนื่องจากขณะที่เงาของดวงจันทร์ยังบังดวงอาทิตย์ไม่มิด แสงจากดวงอาทิตย์ก็จะสะท้อนหลุมขนาดใหญ่บนดวงจันทร์เกิดการกระจายของแสงตรงบริเวณหัวแหวน ซึ่งเป็นลักษณะหนึ่งที่สวยงามมาก หรือปรากฏการณ์ลูกปัดของเบลลี่ (Baily 's beads) ซึ่งก็เกิดขึ้นคล้ายกับปรากฏการณ์แหวนเพชร แต่มีหลายหุบเขาบนดวงจันทร์ จึงเกิดการกระจายแสงหลายจุด ซึ่งปรากฏการณ์นี้ เบลลี่เป็นผู้ค้นพบจึงตั้งชื่อตามนั้น



ภาพที่ 4. ปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการเกิดสุริยุปราคา

ก.) ปรากฏการณ์แหวนเพชร
ข.) ปรากฏการณ์ลูกปัดของเบลลี่
ค.) พวยกาซร้อน (prominence)
ง.) ชั้นของโคโรนาของดวงอาทิตย์

ในขณะที่เงาของดวงจันทร์บังดวงอาทิตย์สนิท ก็มีปรากฏการณ์ที่น่าสนใจหลายอย่างได้แก่ ลักษณะของชั้นบรรยากาศโคโรนาภายในและภายนอก (inner and outer corona) และลักษณะการพวยพุ่งของกาซร้อน (prominence) ซึ่งก็เป็นช่วงโอกาสดีที่สุดที่นักวิทยาศาสตร์จะศึกษาดวงอาทิตย์ทั้งในเรื่องของการปล่อยรังสี หรือองค์ประกอบของบรรยากาศดวงอาทิตย์ เป็นต้น และถ้าโชคดีอาจมีโอกาสพบดาวหางซึ่งปรากฏในบริเวณใกล้เคียง

▲ อาจารย์ครับ อาจารย์มีข้อแนะนำอย่างไรบ้างในการเตรียมตัวของคนทั่ว ๆ ไปที่จะชมสุริยุปราคาในวันที่ 24 ตุลาคม ที่จะถึงนี้ครับ

".....อย่ามองสุริยุปราคาในขณะที่ยังเกิดขึ้นไม่เต็มดวง ด้วยตาเปล่าอย่างเด็ดขาด....."

เรื่องนี้สำคัญมากอาจารย์ต้องเขียนลงไปว่า "อย่ามองสุริยุปราคาในขณะที่ยังเกิดขึ้นไม่เต็มดวงด้วยตาเปล่าอย่างเด็ดขาด มิฉะนั้นแสงจากดวงอาทิตย์จะเผาจอรับภาพของดวงตา อาจทำให้ตาบอดได้" ถ้าเป็นชาวบ้านทั่วไป ก็ควรใช้กระจกที่รมควันเทียนจนหนาพอเพียง คะเนว่าแสงไม่สามารถลอดผ่านเข้ามาได้

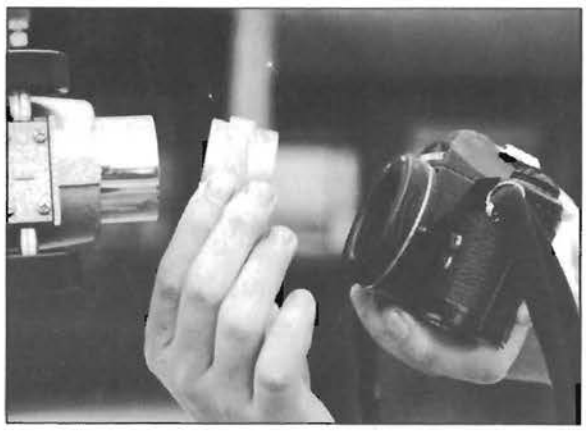
แต่ถ้าเป็นตามโรงเรียนผมขอแนะนำให้ใช้ฟิล์มขาวดำขนาด ASA 100 นำมาดึงออกกลางแดดจ้า ๆ เป็นเวลา 30 วินาที แล้วนำไปล้างโดยใช้น้ำยาตรึงภาพ (fixer) และน้ำยาสร้างภาพ (developer) ซึ่งมีขายตามร้านถ่ายรูป ราคาชุดละ 500-600 บาท สามารถล้างฟิล์มได้ประมาณ 10 ม้วน การล้างฟิล์มนี้ควรจะทำเอง เพราะไม่มีอะไรที่จะผิดพลาดได้ ถ้าจะให้ดีควรจะรวมกันเป็นกลุ่มโรงเรียน แล้วซื้อฟิล์มขาวดำแบบที่ขายเป็น 100 ฟุต เอามาทำแล้วแบ่งกัน ส่วนจะใช้ฟิล์มยี่ห้อไหนจึงจะให้ได้คุณภาพดีที่สุด ก็ให้ดูเอาจากผลการศึกษาของ อ.นิพนธ์ กสิพร้อง ซึ่งศึกษาเปรียบเทียบการส่องผ่านของแสงทั้งรังสีอินฟราเรด และรังสีอุลตราไวโอเลต เมื่อได้เป็นฟิล์มที่ล้างแล้วก็นำมาตัดเป็นแผ่น ๆ อาจจะติดกาวเข้ากับขาของกรอบแว่นกระดาษที่ทำขึ้นเองอย่างง่าย ๆ แต่ต้องจำไว้ว่าพอดวงอาทิตย์เกิดสุริยุปราคาเต็มดวงแล้วไม่ต้องใส่แว่น มิฉะนั้นก็จะไม่เห็นอะไรเลย ให้ใส่แว่นเฉพาะตอนที่ยังเกิดขึ้นไม่เต็มดวงเท่านั้น

▲ อาจารย์ครับ ขอความกรุณาให้อาจารย์แนะนำวิธีการถ่ายรูปสุริยุปราคา

".....ถ้าเป็นอย่างนี้ก็ควรจะใช้กล้องดูดาวนั้นแทนที่ของเลนส์เทเล....."

การถ่ายรูปสุริยุปราคาต้องเตรียมตัวพอสมควรเหมือนกัน เพราะช่วงที่เกิดขึ้นสั้นมาก ถ้าเตรียมตัวไม่พร้อมก็จะไม่ได้ภาพอะไรเลย การเตรียมตัวถ่ายรูปก็อาจแบ่งเป็นการถ่ายรูปโดยที่ไม่มีกล้องดูดาว (กล้องโทรทัศน์) วิธีนี้อาจจะไม่ค่อยได้ผลดีนัก เพราะว่าดวงอาทิตย์อยู่ไกลจากโลกมาก ถ้าใช้เลนส์ของกล้องขนาด 50 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นขนาดที่ใช้ถ่ายภาพทั่วไป ขนาดของภาพที่ออกมาจะมีขนาดเล็กกว่าเมล็ดถั่วเขียว ซึ่งไม่ค่อยมีประโยชน์ อย่างน้อยต้องใช้เลนส์เทเล (tele) ขนาดมากกว่า 200 มิลลิเมตรขึ้นไป จึงจะได้ภาพขนาดที่พอจะมองเห็นได้ และห้ามเล็งดวงอาทิตย์ขณะที่ยังไม่เกิดสุริยุปราคาเต็มดวงเช่นกัน ถ้าต้องการถ่ายภาพขณะนั้นก็ต้องป้องกันดวงตาของผู้ถ่ายภาพโดยการนำเอา UV-filter ไปรมควันเทียนด้านในจนกระทั่งทึบมากที่สุดเสียก่อน หรืออาจจะใช้ Neutral Density Filter อย่างมืดมาก ๆ ก็ได้ การถ่ายภาพวิธีนี้ ควรใช้ขาตั้งกล้อง และฟิล์มที่ใช้ไม่ควรมีความไวแสง (ASA) มากกว่า 100 ถ้าไม่มีเมฆ ให้ตั้งหน้ากล้องที่ 11 แต่ถ้ามีเมฆมากควรตั้งหน้ากล้องแค่ 8 แล้วถ่ายภาพเป็นอนุกรมของความเร็วในการเปิด-ปิดหน้ากล้อง คือ 1/1000, 1/500, 1/250, 1/125, 1/60, 1/30, 1/15 จนกระทั่งถึง 1/1 วินาที ควรจะใช้ฟิล์มสีเพราะจะได้รายละเอียดมากกว่าและสวยงามกว่า และอย่าไปเสียดายฟิล์ม เพราะว่าชั่วชีวิตหนึ่งของเราอาจจะได้ถ่ายรูปของสุริยุปราคาเต็มดวงก็เพียงครั้งนี้ครั้งเดียวเท่านั้น เมื่อถ่ายเสร็จแล้วก็ส่งไปล้างด้วยวิธีปกติที่ร้านถ่ายรูปทั่วไป

แต่ในปัจจุบันตามโรงเรียนมัธยมต่าง ๆ เกือบทุกโรงเรียนจะมีกล้องโทรทัศน์ขนาด 3 นิ้ว หรือ 3.5 นิ้ว แบบหักเหแสงอยู่แล้ว ถ้าเป็นอย่างนี้ก็ควรจะใช้กล้องดูดาวนั้นแทนที่ของเลนส์เทเล ซึ่งจะทำให้ได้ภาพที่ใหญ่ขึ้น และได้รายละเอียดมากขึ้น แต่ต้องดัดแปลงเองนิดหน่อย ก่อนอื่นให้ถอดเลนส์ของกล้องถ่ายรูปออกก่อน ดูว่าเลนส์ที่ใช้เป็นแบบเกลียวหรือแบบเขี้ยว ถ้าเป็นแบบเกลียวก็ใช้ได้เลย (ข้อต่อของกล้องดูดาวเป็นแบบเกลียว) แต่ถ้าข้อต่อของเลนส์ที่ใส่เป็นแบบเขี้ยวก็ต้องไปซื้อ T-ring ที่จะแปลงจากเขี้ยวให้เป็นเกลียวจากร้านถ่ายรูปก่อน เสร็จแล้วนำทั้งกล้องดูดาวและกล้องถ่ายรูปไปที่โรงกลึงให้โรงกลึงทำเกลียวเชื่อมต่อระหว่างกล้องทั้งสอง อย่าให้ระยะห่างระหว่างกล้องทั้งสองยาวเกินกว่า 3 นิ้ว ซึ่งถ้าใช้กล้องดูดาวและกล้องถ่ายรูปวิธีนี้ถ่ายรูปดวงอาทิตย์ก็จะได้ภาพดวงอาทิตย์บนฟิล์มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 ซม. ซึ่งถ้ารวมชั้นของโคโรนา หรือพวยกาซแล้วก็จะได้ภาพที่มีขนาดกำลังเหมาะพอดี แต่อย่างไรก็ตาม ห้ามเล็งดวงอาทิตย์ในขณะที่ยังไม่เกิดสุริยุปราคาเต็มดวงโดยไม่มีอุปกรณ์ป้องกัน ต้องใช้กระจกรมควันปิดที่ปลายกล้องเสมอจนกว่าจะเกิดเต็มดวงแล้วจึงรีบถอดออกแล้วถ่ายรูปทันที การถ่ายภาพควรจะใช้ที่กดชัตเตอร์ (shutter release) และถ่ายต่อเนื่องเป็นอนุกรมของความเร็วในการเปิดปิดหน้ากล้องเช่นเดียวกันกับกรณีที่ไม่มีกล้องดูดาว



ภาพที่ 5 อุปกรณ์ดัดแปลงเพิ่มเติมเพื่อเชื่อมต่อระหว่างกล้องถ่ายรูปและกล้องดูดาว

▲ นอกเหนือจากปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นกับดวงอาทิตย์แล้ว ยังมีปรากฏการณ์อื่น ๆ อะไรอีกบ้างที่น่าสนใจ

"..... ก็ยังมีปรากฏการณ์ทางชีวภาพของสิ่งมีชีวิตที่ใช้แสงสว่างในการออกหากิน....."

นอกเหนือจากนี้ ก็ยังมีปรากฏการณ์ทางชีวภาพของสิ่งมีชีวิตที่ใช้แสงสว่างในการออกหากิน เช่น ไก่ขัน นกบินกลับรัง ฯลฯ ซึ่งคงเป็นปรากฏการณ์ที่แปลกมาก นกอาจคิดว่าค่ำแล้วเลยพากันบินกลับรัง พอจะถึงรังปรากฏว่าเช้าแล้ว ตกลงคืนนั้นใช้เวลาสั้นที่สุดในชีวิต เพราะนานแค่หนึ่งนาทีกว่าเท่านั้น

หรืออย่างเช่นกระแสลมท้องถิ่นก็มีผลเพราะอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงเนื่องจากแสงอาทิตย์ หรือลักษณะพื้นที่ซึ่งมีการสะท้อนแสงมากน้อยเพียงใด เช่นป่าไม้ ภูเขา หรือแม่น้ำลำธารก็มีผลกับความร้อน ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดลม

▲ อาจารย์มีอะไรที่จะฝากถึงท่านผู้อ่านบ้างครับ

"..... และให้ความสนใจต่อการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ครั้งนี้ เพื่อให้เด็กมีประสบการณ์....."

ผมใคร่ขอเชิญชวนให้ผู้บริหารการศึกษาและผู้อำนวยการโรงเรียนทั้งหลายให้ความสำคัญและให้ความสนใจต่อการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ครั้งนี้ เพื่อให้เด็กมีประสบการณ์ และควรมีการวางแผนต่าง ๆ เตรียมการณ์เอาไว้ล่วงหน้า ได้แก่ การเดินทางไปสังเกตตามแนวที่เกิดสุริยุปราคามืดเต็มดวงตามที่มีข้อมูลอยู่แล้ว เตรียมกล้องและที่กรองแสง (filter)เพื่อใช้ในการถ่ายรูป และควรเตรียมอุปกรณ์ป้องกันดวงตาโดยอาจใช้กระจกรมควัน หรือฟิล์มที่ถูกแสงแล้ว และศึกษาปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นทั้งที่เกิดต่อดวงอาทิตย์เองและปรากฏการณ์อื่น ๆ

▲ สุดท้ายนี้ ใคร่ขอความกรุณาจากอาจารย์สรุปสาระสำคัญ ๆ เกี่ยวกับสุริยุปราคาครั้งนี้

ผมได้เตรียมเอกสารสรุปเกี่ยวกับสุริยุปราคาในหลายเรื่อง เช่น ตำแหน่ง เวลา ข้อมูลทางดาราศาสตร์ ข้อมูลของปรากฏการณ์ต่าง ๆ ตลอดจนข้อมูลในการถ่ายภาพ (ดังรายละเอียดในตารางที่ 1) เพื่อใช้แจกให้กับผู้สนใจที่ขอมายังคณะวิทยาศาสตร์ และยินดีที่จะให้กับทางวารสารนำไปตีพิมพ์ เพื่อให้ความรู้นี้เผยแพร่ออกไป

ตารางที่ 1 ทางเดินสุริยุปราคามืดเต็มดวงผ่านประเทศไทย ในวันที่ 24 ตุลาคม 2538 คำนวณโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ซึ่งได้พัฒนาขึ้นมาโดย ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

จังหวัด	อำเภอ	เริ่มมืดเต็มดวง	กึ่งกลาง	เริ่มคลาย	มุมสูง(องศา)
จ. ตาก	อ. แม่ระมาด	10:42:36	10:43:05	10:43:34	54.34
	อ. แม่สอด	10:42:34	10:43:27	10:44:20	54.63
	อ. พบพระ	10:43:16	10:44:02	10:44:48	55.04
จ. กำแพงเพชร	อ. คลองลาน	10:44:43	10:45:39	10:46:34	55.79
	อ. คลองขลุง	10:45:49	10:46:33	10:47:17	56.14
	อ. ขาณุวรลักษณ์	10:46:12	10:47:03	10:47:53	56.42
จ. อุทัยธานี	อ. สว่างอารมณ์	10:47:01	10:47:30	10:48:00	56.86
จ. นครสวรรค์	อ. ลาดยาว	10:46:23	10:47:11	10:47:59	56.65
	อ. บรรพตพิสัย	10:46:33	10:47:29	10:48:24	56.68

จังหวัด	อำเภอ	เริ่มมืดเต็มดวง	กึ่งกลาง	เริ่มคลาย	มุมสูง(องศา)
จ. นครสวรรค์	อ. โกรกพระ	10:47:17	10:48:03	10:48:48	57.97
	อ. เก้าเลี้ยว	10:46:51	10:47:46	10:48:42	56.82
	อ. เมือง	10:47:08	10:48:04	10:49:00	57.01
	อ. พยุหะคีรี	10:47:42	10:48:19	10:48:56	57.25
	อ. ชุมแสง	10:47:34	10:48:16	10:48:58	56.98
	อ. ตาคลี	10:48:42	10:48:59	10:49:16	57.60
	อ. ท่าตะโก	10:48:01	10:48:56	10:49:51	57.37
	อ. ตากฟ้า	10:48:27	10:49:18	10:50:09	57.67
	อ. ไพศาลี	10:48:33	10:49:24	10:50:16	57.57
จ. ลพบุรี	อ. โคกสำโรง	10:49:39	10:50:06	10:50:33	58.13
	อ. สระโบสถ์	10:49:23	10:50:17	10:51:11	58.12
	อ. ท่าหลวง	10:50:07	10:51:02	10:51:58	58.47
	อ. ชัยบาดาล	10:49:58	10:50:56	10:51:53	58.35
จ. เพชรบูรณ์	อ. ศรีเทพ	10:49:50	10:50:31	10:51:12	58.05
จ. นครราชสีมา	อ. ปากช่อง	10:51:32	10:52:12	10:52:53	59.09
	อ. สีคิ้ว	10:51:47	10:52:44	10:53:41	59.16
	อ. สูงเนิน	10:52:05	10:53:00	10:53:55	59.26
	อ. ปักธงชัย	10:52:43	10:53:40	10:54:37	59.58
	อ. โชคชัย	10:53:08	10:54:00	10:54:52	59.68
	อ. ครบุรี	10:53:28	10:54:27	10:55:26	59.96
	อ. เสิงสาง	10:54:20	10:55:16	10:56:13	60.39
จ. บุรีรัมย์	อ. หนองกี่	10:54:34	10:54:59	10:55:23	60.02
	อ. ปะคำ	10:54:54	10:55:44	10:56:33	60.41
	อ. ละหานทราย	10:55:22	10:56:05	10:56:49	60.54
จ. สระแก้ว	อ. ตาพระยา	10:55:32	10:56:26	10:57:20	60.91

หมายเหตุ

1. การคำนวณข้างบนนี้ เมื่ออ้างถึงอำเภอต่างๆ นั้นเราจะต้องป้อนตำแหน่งเส้นรุ้งและเส้นแวงของอำเภอที่อ้างถึงนั้นแก่เครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งผู้คำนวณพิจารณาเห็นว่าควรจะเป็นตำแหน่งที่จะสามารถระบุเป็นจุดได้แน่นอนเพื่อให้ผู้สังเกตสามารถทดสอบความถูกต้องของการคำนวณได้ ดังนั้น จึงได้ใช้ค่าเส้นรุ้งเส้นแวงของที่ตั้งสำนักงานชุมสายโทรศัพท์ประจำอำเภอที่ระบุนั้น ทั้งนี้ โดยความอนุเคราะห์ของ คุณอารี สวัสดี แห่งองค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย และที่ปรึกษาสมาคมดาราศาสตร์แห่งประเทศไทยในการให้ข้อมูลนี้แก่เรา ซึ่งจะทำให้เราสามารถตรวจสอบผลการคำนวณได้โดยการทำการสังเกตการณ์ ณ ที่ตั้งชุมสายโทรศัพท์ของอำเภอที่ระบุในตารางข้างบนนั้น

2. ผลต่างของเวลาในช่องที่ห้ากับช่องที่สามคือระยะเวลานานที่จะเห็นมืดเต็มดวง ณ ที่นั้น

3. ค่ามุมสูงในช่องสุดท้ายหมายถึงขณะเมื่อเกิดกึ่งกลางคราสนั้นดวงอาทิตย์จะทำมุมยกขึ้นเหนือพื้นราบเป็นมุมเท่านี้ ค่ามุมนี้มีประโยชน์สำหรับตั้งกล้องถ่ายรูป ณ ตำแหน่งนั้น

4. เราสามารถสร้างแผนที่แสดงเส้นทางเงามืดผ่านประเทศไทยได้โดยนำแผนที่ประเทศไทยมาลากเส้นตรงขนานกันสามเส้น คือ เส้นกลางให้ลากผ่านอำเภอเมืองนครสวรรค์และอำเภอครบุรี จังหวัดนครราชสีมา ใช้เป็นเส้นแกนหลัก เส้นที่สองให้ลากห่างขึ้นไปทางเหนือ และเส้นที่สามให้ลากห่างลงไปทางใต้ของเส้นแกนหลักเป็นระยะทางเท่ากัน คือ 45 ก.ม. โดยการเทียบตามมาตราส่วนในแผนที่นั้น

5. เส้นทั้งสามที่ได้จะแสดงขอบเขตเงามืดของสุริยุปราคาที่จะผ่านประเทศไทย ผู้ที่อยู่ภายในแถบเส้นทางนี้จะเห็นคราสมืดเต็มดวงในเวลาที่ระบุไว้ในตารางข้างบนนี้ โดยผู้ที่อยู่ที่เส้นแกนกลางจะเห็นมืดนานกว่าผู้ที่อยู่ห่างออกไปทั้งทางเหนือ และใต้ของเส้นแกนกลางนี้

6. ผู้ที่อยู่นอกแถบมืดนี้จะเห็นมืดบางส่วน โดยที่ในขณะเกิดคราสมากที่สุดนั้น ถ้าอยู่ส่วนเหนือของแถบจะเห็นดวงอาทิตย์เหลื่อมออกมาจากขอบดวงจันทร์ขึ้นไปทางด้านเหนือ ถ้าอยู่ด้านใต้ของแถบมืดนี้จะเห็นดวงอาทิตย์เหลื่อมพ้นลงมาทางใต้ ระยะทางที่ขอบดวงอาทิตย์เลื่อนห่างออกจากวงจันทร์นี้จะมากน้อยตามระยะทางที่ผู้สังเกตอยู่ห่างจากเส้นทางมืด

7. อย่างไรก็ตามสำหรับผู้ที่ไม่สะดวกที่จะเดินทางไปชมสุริยุปราคามืด ณ แถบมืดด้วยตัวเองก็สามารถเปิดโทรทัศน์ชมได้ เพราะจะมีการถ่ายทอดสดทั่วประเทศ ซึ่งจะทำให้ชาวไทยทั้งประเทศได้ดูสุริยุปราคาครั้งนี้ได้ทั่วถึงกัน ถ้าพลาดโอกาสนี้แล้ว ต้องรอไปอีก 75 ปี คือในวันที่ 11 เมษายน 2613 จึงจะมีสุริยุปราคามืดเต็มดวงให้เห็นในประเทศไทยอีก

8. ขณะก่อนและหลังมืดเต็มดวง ห้ามไม่ให้เพ่งมองดวงอาทิตย์ด้วยตาเปล่า หากต้องการจะทำการสังเกตต้องเตรียมเครื่องกรองแสงไว้ล่วงหน้าก่อน อันได้แก่ กระจกรมควันไฟ หรือฟิล์มดำกรองแสง

9. กระจกรมควันไฟแม้จะลดความเข้มของแสงได้มากก็จริงแต่ก็ยังไม่ปลอดภัยนัก เพราะแสงรังสีความร้อนในย่านความยาวคลื่น 2.5 ไมครอน สามารถผ่านได้ถึงร้อยละ 10 ดังนั้นจึงไม่ควรดูนานกว่าครั้งละ 5 วินาที

10. ฟิล์มดำกรองแสงทำได้โดยใช้ฟิล์มขาว/ดำ ชนิด ASA 100 มาดึงออกให้ถูกแสงอาทิตย์จ้าโดยตรงนาน 30 วินาที แล้วจึงนำไปล้างด้วยน้ำยาล้างฟิล์มตามกระบวนการห้องมืด เมื่อแห้งแล้วก็นำมาตัดออกเป็นเฟรม แล้วใส่กรอบที่เตรียมไว้ก็พร้อมนำไปใช้งานได้ น้ำยาล้างฟิล์ม 1 ชุด ประกอบด้วย Fixer และ Developer สามารถหา

ซื้อได้ตามร้านถ่ายรูปทั่วไป วิธีล้างฟิล์มจะเขียนอธิบายไว้ที่ข้างขวดโดยละเอียด น้ำยา 1 ชุดล้างฟิล์มได้ประมาณ 10 ม้วน สถานศึกษาทั่วไปควรทำแผ่นฟิล์มดำกรองแสงนี้ให้นักเรียนได้ใช้

11. การสังเกตสุริยุปราคาเป็นเวลานานควรใส่เสื้อแขนยาวและกางเกงขายาว เพื่อป้องกันมิให้แสง Ultraviolet จากดวงอาทิตย์ทำให้เกิดรอยไหม้ดำบนผิวหนังได้

12. หากจะถ่ายภาพสุริยุปราคาจะต้องระวังไม่ส่องกล้องไปยังดวงอาทิตย์ขณะที่ยังไม่มืดเต็มดวง นัยน์ตาจะบอดได้ ถ้าต้องการถ่ายภาพในจังหวะเช่นนั้นจริงๆ จะต้องมีแผ่นฟิล์มดำกรองแสงปิดเลนส์หน้ากล้องแล้วจึงถ่ายภาพผ่านโดยตรง

13. กล้องถ่ายรูปธรรมดาใช้ถ่ายภาพสุริยุปราคาไม่ได้ดี เพราะความยาวโฟกัสน้อยไป คือ กล้องใหญ่ชนิด Single Lens Reflect (SLR) จะให้ภาพดวงอาทิตย์บนแผ่นฟิล์ม มีเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงครึ่งมิลลิเมตรเท่านั้น ดังนั้นจึงต้องมีกล้องโทรทัศน์ หรือกล้องดูดาวขนาดเล็ก หรือเลนส์-เทเลโฟโตติดหน้ากล้องแทนเลนส์ธรรมดา

14. ถ้ากล้องโทรทัศน์ที่ใช้มีความยาวโฟกัส 1000 มิลลิเมตร จะได้ภาพดวงอาทิตย์บนแผ่นฟิล์มมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 ซ.ม. ซึ่งเป็นขนาดพอเหมาะ

15. กล้องดูดาวที่สถานศึกษาทุกแห่งมีอยู่สามารถนำมาใช้คู่กับกล้องถ่ายรูปได้เป็นอย่างดี โดยให้ช่างกลึงทำแหวนเกลียวต่อกล้องถ่ายรูปให้เข้ากับส่วนท้ายของกล้องดูดาวโดยตรง และโดยไม่ต้องให้ผ่านเลนส์ Eyepiece ในกรณีนี้ให้ถ่ายเป็นภาพสี หรือ Slide สี ด้วยฟิล์มความไวแสงไม่เกิน ASA 100 โดยตั้งค่าความไวไว้ที่ค่าต่ำสุดของกล้อง คือ 1/1000 วินาทีก่อน แล้วเพิ่มให้สูงขึ้นทีละช่วงในแต่ละรูปจนถึงรูปสุดท้าย เป็น 1 วินาที ภาพที่ได้ทุกภาพจะเป็นภาพดีหมด แต่จะมีรายละเอียดของการเกิดสุริยุปราคาแตกต่างกัน ตั้งแต่ด้านในออกมาด้านนอก

16. เลนส์เทเลโฟโตขนาดความยาวโฟกัส 180 มิลลิเมตร สามารถนำมาใช้งานได้ โดยจะให้ภาพดวงอาทิตย์บนแผ่นฟิล์มมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.7 มิลลิเมตร เหมาะแก่การถ่ายภาพชนิด Multiple Exposures ลงบนเฟรมเดียวกัน เพื่อแสดงลำดับขั้นตอนการเกิดสุริยุปราคาที่ระยะเวลาต่างๆ โดยมีโบสถ์ หรือวัดเป็นฉากหน้า

17. ผู้ที่มีแต่กล้องถ่ายรูปชนิด SLR แต่ไม่มีเลนส์เทเลโฟโตหรือกล้องดูดาวก็สามารถใช้กล้อง SLR เพียงอย่างเดียวนี้ในการวิจัยได้ โดยการใช้ประโยชน์จากการที่ท้องฟ้าเปลี่ยนจากกลางวันเป็นกลางคืนในบัดดลขณะที่เกิดสุริยุปราคามืดเต็มดวงด้วยการล่าดาวหาง ซึ่งถ้ามีดาวหางหลงเข้ามาใกล้ดวงอาทิตย์เช่นนั้น โดยปรกติเราจะไม่มีโอกาสรู้ แต่ในกรณีที่เปลี่ยนจากกลางวันเป็นกลางคืนทันทีทันใด ดาวหางก็จะถูกจับตัวได้ ในการนี้ให้ตั้งกล้อง SLR บนฐานสามขาธรรมดา ไม่จำเป็นต้องเป็นฐานกล้องดูดาว ใส่ฟิล์มความไวแสงขนาด ASA 400 ตั้งค่า f/number ประมาณ 5 ความไว Shutter ที่ B แล้วติดสาย Release Cable เข้ากับ Shutter ทำการถ่ายภาพท้องฟ้าบริเวณที่ดวงอาทิตย์อยู่ โดยกดปุ่ม Release Cable ให้เปิดหน้ากล้องค้างไว้เป็นเวลา 30 วินาที ภาพที่ได้จะเป็นกลุ่มดาวบริเวณที่ดวงอาทิตย์อยู่ มีรอยเคลื่อนที่ของดวงดาวอันเกิดจากการหมุนของท้องฟ้าเพียงเล็กน้อยจนแทบจะสังเกตไม่เห็น แต่ถ้ามีดาวหางอยู่จะเห็นหางยาวออกมาด้านตรงข้ามกับดวงอาทิตย์อย่างเด่นชัด การสังเกตการณ์เช่นนี้ควรมีทีมงานส่องกล้องสองตาซึ่งตั้งบนฐานสามขาทำการสำรวจบริเวณใกล้เคียงที่ดวงอาทิตย์อยู่นำทางให้คนถ่ายภาพ

เรามีนัดกับท้องฟ้าในวันที่ 24 ตุลาคม 2538

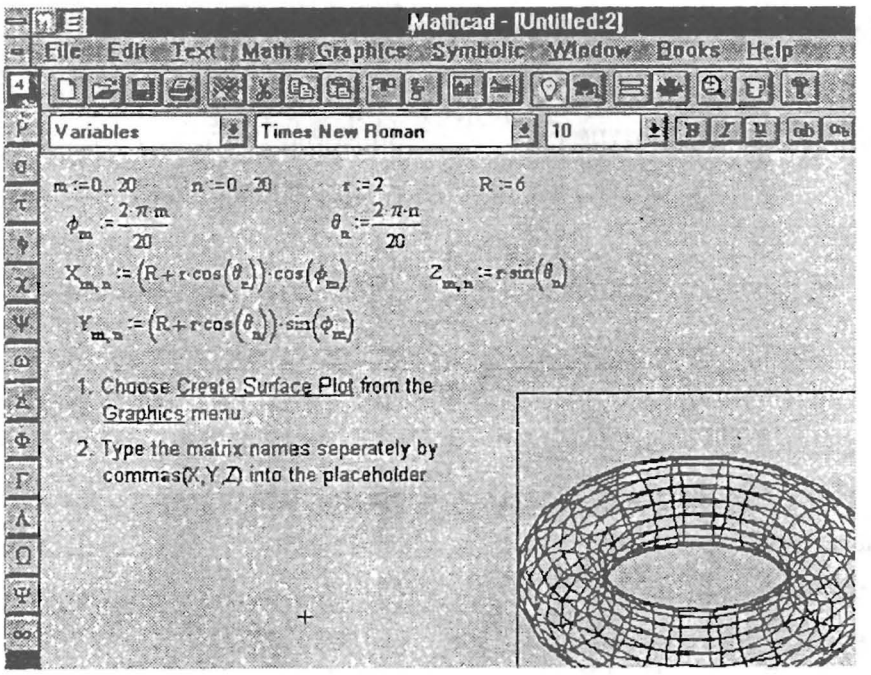
ว.วิทย มข. 23(3) : 112-118 (2538)

ห้องเรียนในปี ค.ศ. 2000

*ประวิทย์ สุดแก้ว**

"เมื่อดาวเทียมไทยคมถูกนำมาใช้ในการศึกษาทางไกลและคอมพิวเตอร์ในสถานศึกษามีจำนวนเพิ่มขึ้น ห้องเรียนทั้งในมหาวิทยาลัยและในโรงเรียนก็เริ่มมีการเปลี่ยนแปลง"

ในยุคแรกของการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการศึกษา เป็นเรื่องของการเขียนโปรแกรมในภาษาต่าง ๆ ต่อมาเมื่อโปรแกรมใช้พิมพ์ภาษาไทยมีการพัฒนามากขึ้น การใช้คอมพิวเตอร์แทนเครื่องพิมพ์ดีดทำให้เกิดผู้ใช้คอมพิวเตอร์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ปัจจุบันนี้การใช้คอมพิวเตอร์มีความหลากหลายมาก ส่วนใหญ่เป็นการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการแก้ปัญหาแบบต่าง ๆ เช่นการคำนวณ การออกแบบ งานบัญชี และงานศิลป์ เป็นต้น การพัฒนาของคอมพิวเตอร์ระบบมัลติมีเดีย (Multimedia) เริ่มเข้ามามีบทบาทในวงการศึกษามากขึ้น คำที่ได้ยินบ่อยที่สุดขณะนี้คือ CAI (Computer Assisted Instructions) หรือ คอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งคาดกันว่าจะเป็นเทคโนโลยีอันหนึ่งที่จะเปลี่ยนรูปแบบของห้องเรียนที่เรามีอยู่ในปัจจุบันนี้



รูปที่ 1 ตัวอย่างการใช้โปรแกรม Mathcad 4.0 แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

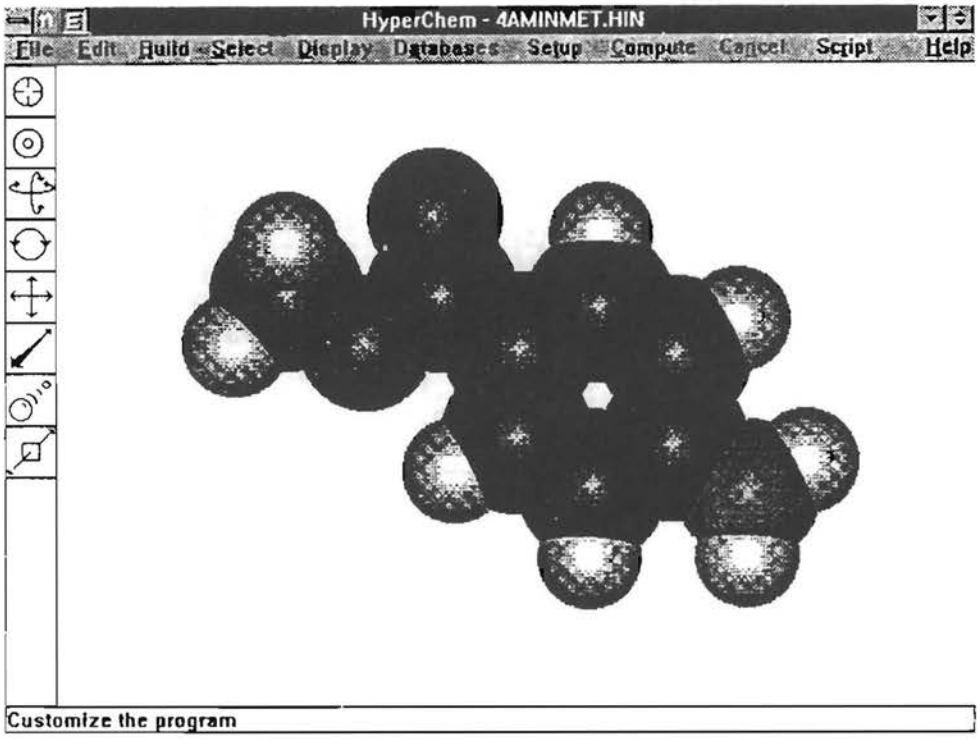
*ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002 ประเทศไทย

ในช่วงครึ่งปีที่ผ่านมามีการประชุมและสัมมนาทางวิชาการที่เกี่ยวข้องกับการใช้คอมพิวเตอร์ในการศึกษาหลายครั้ง ผู้เขียนได้เข้าร่วมประชุมด้วยบางส่วน โดยเริ่มจากงาน Mac World 94 ในเดือนพฤศจิกายน ตามด้วย CHEMCON' 94 ของสมาคมเคมี ถัดมาคือ งาน The 9th ICASE-ASIAN (Increasing the effectiveness of Science Teaching in the classroom : A Challenge for Science and Technological Literacy for All) ที่จัดโดยสสวท และสุดท้ายคือ งานคอมพิวเตอร์ไทย 94

เรื่องที่นำมาเสนอในการประชุมและงานแสดงสินค้าเหล่านี้ มีเรื่องที่น่าสนใจสำหรับผู้มีความสนใจเรื่องเทคโนโลยีทางการศึกษา 2 หัวข้อ คือ

1. การพูดถึงการนำดาวเทียมมาใช้ในการศึกษาทางไกล ได้มีตัวอย่างการลงทุนดำเนินงานไปแล้วที่ออกมาโฆษณามากที่สุดคือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ซึ่งมีทั้งเงินกำลังคนและกำลังภายใน

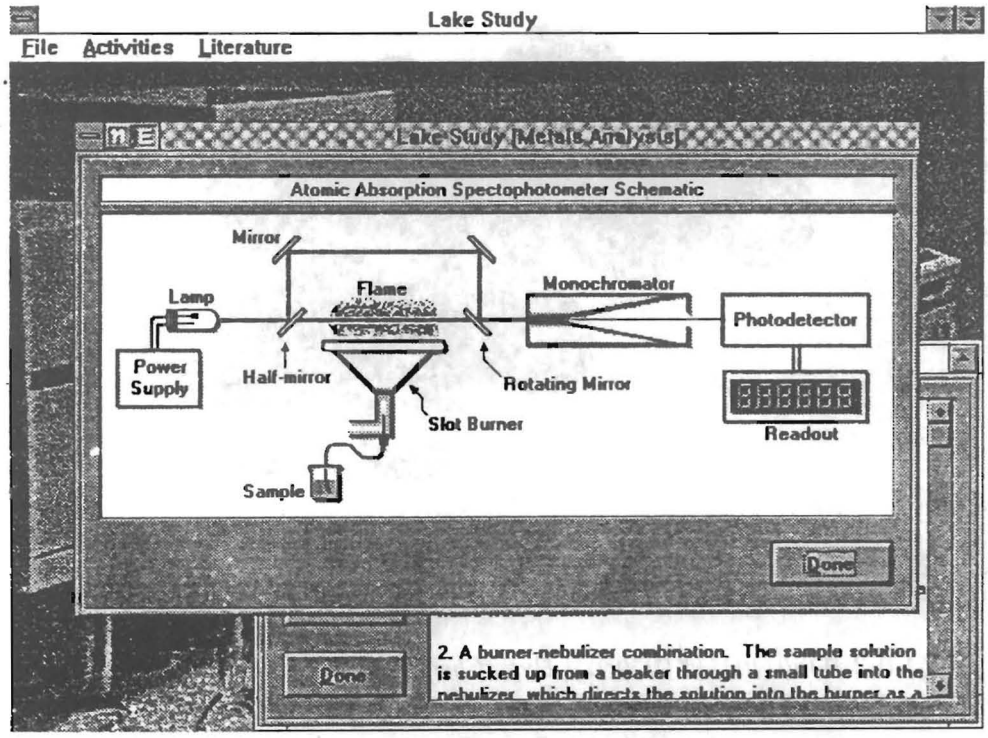
2. การขยายตัวของการนำคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (Computer Assisted Instructions, บางคนก็ว่า Computer Aided Instructions) มาใช้ในการสอนและในการศึกษาระดับต่าง ๆ



รูปที่ 2 ตัวอย่างการใช้โปรแกรม HyperChem ในการสอนวิชาควอนตัมเคมี

ความพยายามที่จะนำเทคโนโลยีสองชนิดนี้มาใช้ในการเรียนการสอนมีมานานแล้ว แต่ติดขัดด้วยราคาของอุปกรณ์และการขาดบุคลากรที่มีความรู้ความชำนาญ ซึ่งขณะนี้ปัญหาเรื่องราคาของอุปกรณ์ทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟท์แวร์ยังมีอยู่ แต่ก็อยู่ในวิสัยที่พอจัดหาได้และมีแนวโน้มที่จะถูกลงอีกในอนาคต แต่สำหรับปัญหาที่สองคือความพร้อมของบุคลากรนั้นยังดูเหมือนเป็นปัญหาที่ยังไม่มีคำตอบที่ชัดเจน นอกจากนี้เรื่องผลกระทบของการใช้สื่อเหล่านี้ต่อการพัฒนาทางความคิดและจิตวิทยาของเด็กก็ยังไม่มีการศึกษากันอย่างจริงจังนัก

เดิมทีเรามักจะคิดถึงครูในแง่ของผู้สอนหนังสือ คือครูจะหยิบหนังสือมาอธิบายให้นักเรียนฟัง ในมหาวิทยาลัยก็มีการบรรยายในลักษณะเดียวกัน ซึ่งอนุมานเอาว่าอาจารย์ได้ค้นคว้าจากตำราทั้งภาษาไทยและภาษาต่างประเทศ (ซึ่งอย่างหลังนี้นักศึกษาส่วนใหญ่รังเกียจนัก) นำมารวบรวมเข้ากับประสบการณ์จากการทำงานวิจัยมาบรรยายถ่ายทอดให้นักศึกษา สภาพห้องเรียนแบบนี้ถ้าครูหรือผู้บรรยายมีความรู้จริงและมีความสามารถในการถ่ายทอดได้ดี การเรียนการสอนก็เป็นไปได้ด้วยดี แต่ไม่ได้หมายความว่าจะประสบผลดีเลิศ เพราะยังขาดการปฏิบัติและการนำความรู้ไปทดลองแก้ไขปัญหาในประสบการณ์จริง ในหลายกรณีครูหรือผู้บรรยายมักจะขาดส่วนใดส่วนหนึ่งขององค์ประกอบที่สำคัญ คือความรู้หรือความสามารถในการถ่ายทอด การเรียนการสอนแบบทิศทางเดียว (คือครูเป็นตัวเอกชนิดผูกขาด) จึงน่าเบื่อและการถ่ายทอดความรู้ไม่บรรลุผลอย่างที่ควรจะเป็น ต่อมาจึงมีการนำสื่อการสอนแบบอื่นมาใช้จนเกิดวิชาเทคโนโลยีสื่อการสอนขึ้น



รูปที่ 3 ตัวอย่างของ CAI เกี่ยวกับวิชาเคมีวิเคราะห์ชื่อ Lake Study ของ JCE

การนำสื่อการสอนไม่ว่าจะเป็นแบบจำลอง ภาพ สไลด์ ภาพยนตร์ ฯลฯ มาใช้จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้ แต่ไม่ได้หมายความว่าบทบาทของครูและผู้สอนจะลดน้อยลงไป ตรงกันข้ามบทบาทจะต้องเพิ่มขึ้น โดยครูต้องเป็นคนจัดหา สร้างสื่อ เรียงลำดับ นำเสนอ และปูพื้นฐานสำหรับเนื้อหานั้นๆ ก่อนจะนำไปสู่การใช้สื่อการสอน นอกจากนี้ยังผู้สอนอาจจะต้องจัดหาปัญหาที่น่าสนใจรอบตัวหรือการทดลอง ให้ผู้เรียนได้ทดสอบวิธีแก้ปัญหาจากความรู้ที่ได้เรียนมา

ผู้เขียนเคยเห็นการสอนที่นำวิดิโอที่บรรยายเป็นภาษาอังกฤษมาฉายให้นักเรียนดูทั้งชั่วโมง ถึงแม้จะมีการเกริ่นนำเล็กน้อย ก็ไม่พอเพียงที่จะทำให้ผู้ชมเข้าใจวัตถุประสงค์ที่ชัดเจนว่าผู้สอนต้องการให้รู้อะไร สุดท้ายการสอนด้วยวิดีโอครั้งนั้นก็ล้มเหลว เพราะเด็กหมดความสนใจและหลายคนก็หลับไปในความมืด

อันนี้เป็นตัวอย่างที่ชี้ให้เห็นว่าการใช้สื่อการสอนแบบไม่ประสีประสา ย่อมนำมาซึ่งความล้มเหลวอย่างแน่นอนและแสดงให้เห็นความสำคัญของการประสานกันระหว่างผู้สอนและสื่อ

ในเรื่องของการศึกษาทางไกลผ่านดาวเทียม พอสรุปได้จากการบรรยายจากตัวแทนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในการประชุม CHEMCON'94 และการบรรยาย 2 หัวข้อเรื่อง Education in the Information Age โดยตัวแทนของ Nylex Science, Technology Asia Thailand กับ Interactive Approaches of Teaching Science โดย David Bailey จาก University of Western Sydney Nepean แสดงให้เห็นว่าในระดับมหาวิทยาลัยของเมืองไทย เริ่มมีการลงทุนมากพอสมควรในการสร้างระบบการสอนทางไกลชนิดตอบโต้กันได้ (Interactive) ด้วยเทคโนโลยีแบบนี้ครูหรือผู้สอนเก่ง ๆ ไม่จำเป็นต้องเสียเวลาและพลังงานในการเดินทางไปสอนไปสถานที่ห่างไกล จำนวนและขนาดของห้องเรียนก็ไม่ถูกจำกัด ขอให้มีจานรับสัญญาณ กล้องวิดีโอ และเครื่องรับทีวี ซึ่งค่าลงทุนอุปกรณ์ก็ไม่สูงมากนัก แต่จะไปแพงที่ค่าเช่าช่องสัญญาณดาวเทียมกับค่าจ้างวิทยากรและค่าดำเนินรายการ จุดอ่อนก็คือใช้ได้เฉพาะวิชาบรรยายเท่านั้นและผู้เรียนไม่สามารถควบคุมกำหนดบทเรียนตนเองได้ อันนี้จะต่างกับใน CAI

ตัวอย่างของการใช้การศึกษาทางไกลผ่านดาวเทียมในต่างประเทศ เช่นในสหรัฐอเมริกา (จากภาพยนตร์โฆษณาของ Nylex) ผู้เขียนมีความรู้สึกว่ามี**การใช้เทคโนโลยีมากเกินความจำเป็น** แต่ครูและนักเรียนที่นั่นก็ให้สัมภาษณ์ว่าเป็นระบบที่ดีเยี่ยม ให้ผู้อ่านลองจินตนาการว่า ในชั่วโมงสังคมศึกษาว่าด้วยหัวข้อ การปกครองระบอบประชาธิปไตย ถ้านักเรียนได้คุยกันสด ๆ กับนายกรัฐมนตรีหรือประธานสภาผู้แทนราษฎรในทีวีผ่านดาวเทียม หรือในชั่วโมงวิทยาศาสตร์ อาจจะมีนักวิทยาศาสตร์ดีเด่นหยิบงานที่น่าสนใจมาพูดพร้อมแสดงตัวอย่างที่มองเห็น และมีการเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถาม ห้องเรียนคงมีบรรยากาศน่าสนใจกว่าเดิมมาก แต่จุดอ่อนของการใช้ดาวเทียมอย่างอเมริกาคือเขามีเงินมากพอที่จะทำได้ แต่ประเทศไทยจะใช้เงินถึงขนาดนั้นคงยากมาก และการใช้เทคโนโลยีมากเกินไปใน**ขณะที่ครูในห้องเรียนมีบทบาทน้อยเกินไป** อาจจะมีผลกระทบที่คาดไม่ถึงภายหลัง

David Bailey ได้ยกตัวอย่างการใช้การสอนทางไกลในประเทศออสเตรเลีย แต่เป็นชนิดตอบโต้ราคาถูกคือแทนที่จะใช้วิดีโอถ่ายจากห้องเรียน ก็ให้เด็กใช้โทรสารและโทรศัพท์ตอบโต้กับผู้ดำเนินรายการ ระบบนี้จะทำให้ประสิทธิภาพการสื่อสารลดลงไป เพราะผู้สอนไม่เห็นผู้เรียน แต่ต้นทุนในการสอนแบบนี้จะถูกกว่าแบบเศรษฐีไฮเทคในสหรัฐอเมริกา

เรื่องต่อมาคือการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนหรือที่เรียกว่า CAI งานด้านนี้ไม่ใช่เรื่องใหม่ ทาง

คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้มีการเริ่มนำมาใช้ในเมื่อ 10 ปีมาแล้ว และได้นำมาใช้เรียนใช้สอนจริง ๆ ไม่ต่ำกว่า 5 ปี นอกจากนี้ทางจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยยังได้ผลิตโปรแกรมในการสร้างบทเรียนออกมาขายด้วยเรียกว่า CU CAI

ในสถาบันอื่นที่ทำเป็นจริงเป็นจังเท่าที่ทราบก็มีที่มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์และวิทยาลัยเซ็นต์จอห์น งานที่ผู้เขียนประทับใจมากที่สุดมาจากวิทยาลัยเซ็นต์จอห์น โดยกลุ่มของอาจารย์ชนิสา อรรถจินดา ซึ่งมีลักษณะงานที่ค่อนข้างจะเป็นมืออาชีพ

คอมพิวเตอร์ช่วยสอน (Computer Assisted Instruction) มีความหมายกว้าง นิยามอย่างง่ายคือโปรแกรมที่บรรจุด้วยเนื้อหาของความรู้ในลักษณะภาพนิ่ง เสียง ภาพเคลื่อนไหว และแบบจำลองสถานการณ์ต่าง ๆ ที่ผู้เรียนสามารถเลือกชนิดของเนื้อหาและกำหนดเวลาที่ใช้ในแต่ละบทเรียน

บทเรียนทางคอมพิวเตอร์ มีลักษณะต่างจากหนังสือ สไลด์ หรือวิดีโอ เพราะนักเรียนสามารถตอบโต้ ควมคุมบทเรียน และมีกิจกรรมกับบทเรียนได้ตลอดเวลา ไม่ว่าจะเป็นการตอบคำถามหรือต่อภาพ ผลของการทดลองใช้ CAI ในสถานศึกษาในต่างประเทศและภายในประเทศแสดงให้เห็นว่าการใช้ CAI ช่วยเสริมบทเรียนได้ผลดีในแง่การประหยัดเวลาของผู้สอน และช่วยผู้เรียนทบทวนความรู้ โดยให้แนวคิดที่เพิ่มขึ้นจากการเรียนในห้องเรียน

ตัวอย่างของการใช้ CAI ในสิงคโปร์ ถูกนำเสนอในการบรรยายในการประชุม ICASE โดย Frank C.T. Voon จาก National University of Singapore และ Carmee Lim จาก Raffles Girls' School จากการบรรยายพอสรุปได้ว่า การใช้ CAI ในสิงคโปร์ได้ผ่านขั้นแรก ซึ่งเป็นการเริ่มต้นและทดลองไปแล้ว และอยู่ในขั้นของการปรับปรุงคุณภาพและขยายผล สิงคโปร์มีแผนการศึกษาที่ยาวและชัดเจน ความสำเร็จในการดำเนินการเกือบทุกอย่างของประเทศนี้ เกิดจากปัจจัยสำคัญ 2 อย่างคือ **คุณภาพของคนและความมั่งมีของประเทศ** เมื่อไม่นานมานี้มีผู้ใหญ่ในวงการศึกษาของไทยเขียนบทความเกี่ยวกับการพัฒนาเทคโนโลยีข้อมูลลงในหนังสือพิมพ์มติชนรายวัน โดยกล่าวเปรียบเปรยว่าในขณะที่ประเทศสิงคโปร์วางแผนจะให้ประเทศของเขาเป็น **"เกาะอัจฉริยะ"** ในปี ค.ศ. 2000 ประเทศไทยของเราจะมัวรอเพื่อจะเป็น **"สติวปิด ไอส์แลนด์"** หรือย่างไร

CAI เพิ่งจะเริ่มขยายบทบาทอย่างมากในปีนี้ ด้วยสาเหตุ 2 ประการ คือ

1. ราคาเครื่อง PC และ Macintosh ความสามารถสูงระบบเครือข่ายและอุปกรณ์ต่าง ๆ ถูกลง

2. โปรแกรมที่ใช้สร้าง CAI มากที่สุดคือ Authorware ในเมืองไทยมีราคาพิเศษเพื่อให้สถานศึกษาสามารถซื้อได้ (ประมาณ 27,000.00 บาทต่อชุด)

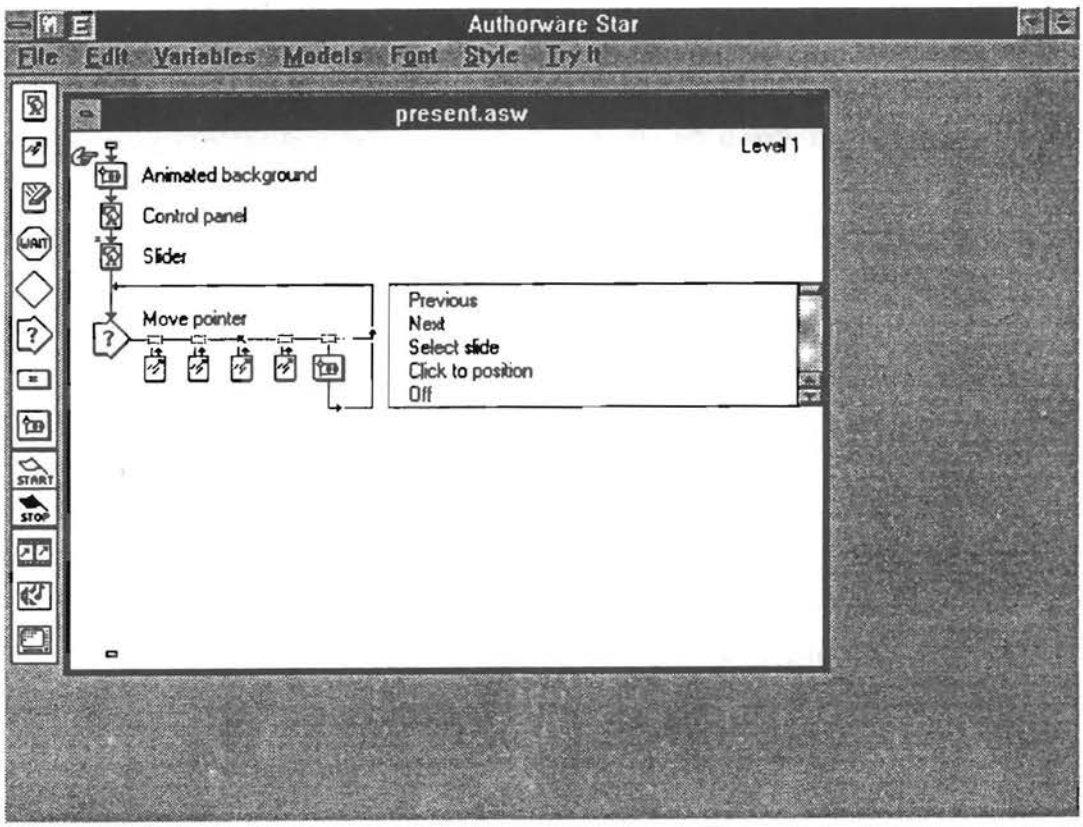
คำถามที่เกิดขึ้นในใจของผู้อ่านอาจจะมีหลายคำถาม แต่คำถามที่น่าสนใจคือ เมื่อไหร่สิ่งเหล่านี้จะเข้ามาในห้องเรียนของเรา? และการสร้างบทเรียนแบบ CAI นี่ง่ายจริงหรือ?

สื่อการสอนแบบไฮเทคทั้งสองแบบนี้กำลังจะก้าวเข้าสู่ห้องเรียนของเรา จะช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับว่าสถานศึกษามีเงินและบุคลากรในด้านนี้เพียงพอหรือไม่ ปัจจุบันการเปลี่ยนแปลงเป็นไปในลักษณะมือใครยาวสาวได้สาวเอา เพราะทั้งในระดับมัธยมและมหาวิทยาลัย พบว่าแต่ละหน่วยงานมีความแตกต่างกันในทุนทรัพย์และความสนใจ นอกจากนี้ยัง**ไม่มีการพูดหรือวางแผนพัฒนาระยะยาว**ร่วมกันระหว่างโรงเรียน มหาวิทยาลัยและหน่วยงานรัฐบาลที่เกี่ยวข้อง ใครมีแรงก็ทำไป ใครไม่มีก็รอ

ไปก่อน ซึ่งเป็นเรื่องน่าเสียดายที่น่าจะได้มีการพัฒนาไปในทิศทางเดียวกันทั้งประเทศ

แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงในสถานที่มีความพร้อมสูง สถาบันที่ด้อยโอกาสกว่าก็คงต้องปรับตัวไปตามสถานการณ์ สำหรับปัญหาความยากง่ายของการสร้างบทเรียนทางคอมพิวเตอร์นั้น จากประสบการณ์ของผู้เขียน ขอสรุปว่าการสร้าง CAI แบบธรรมดา ๆ นั้นไม่ยากและใช้เวลาไม่มากนัก เพราะเคยทดลองให้นักศึกษาที่พอจะมีความรู้เรื่องคอมพิวเตอร์แต่ขาดความรู้เรื่องการเขียนโปรแกรม ทดลองสร้างบทเรียนแบบง่าย ๆ ก็ทำได้ในเวลาอันสั้น **แต่ถ้าจะสร้าง CAI ที่มีคุณภาพดีนั้นเป็นอีกเรื่องหนึ่ง** คือเป็นเรื่องที่ยากมาก เพราะมีการออกแบบบทเรียน การสร้างกราฟฟิก ตลอดจนการกำหนดส่วนรายละเอียดปลีกย่อยอย่างดี

CAI ที่ขาดคุณภาพซึ่งมีผลกระทบต่อผู้ใช้มากพอสมควร การสร้าง CAI ขึ้นมาจะใช้จึงต้องคำนึงถึงส่วนนี้ให้มากด้วย



รูปที่ 4 ตัวอย่างการสร้างบทเรียนโดยโปรแกรม Authorware Star

ห้องเรียนในปี ค.ศ. 2000 จะเปลี่ยนแปลงแค่ไหนนั้น ในประเทศไทยจะพบว่าขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลัก 2 ประการคือ

1. ตัวครูผู้สอน ซึ่งในการบรรยายในหัวข้อ Project 2000+: Scientific and Technological Literacy for All ของ Jack Holdbrook แห่ง ICASE ได้พูดสรุปไว้อย่างชัดเจนว่า **"สิ่งที่เปลี่ยนแปลงยากที่สุดในการปรับระบบการศึกษาคือตัวครูนั่นเอง"**

2. ระบบการสอบเข้ามหาวิทยาลัย ซึ่งเป็นตัวกำหนดพฤติกรรมของการศึกษาตั้งแต่ระดับอนุบาลไปจนถึงระดับมหาวิทยาลัย **ตราบใดที่การศึกษาของไทยเป็นเพื่อการสอบเข้ามหาวิทยาลัยมากกว่าเพื่อเพิ่มคุณภาพของความเป็นคน** ห้องเรียนของเราก็จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปในวิถีทางที่ควรจะเป็น

ปัญหาอีกข้อที่อยากจะกล่าวถึง คือการใช้คอมพิวเตอร์เกินความพอดี ปัจจุบันมีโรงเรียนหลายแห่งนำคอมพิวเตอร์มาใช้ตั้งแต่ระดับอนุบาล ทั้งครูและผู้ปกครองก็นึกว่าเป็นของวิเศษโดยไม่ได้นึกถึงผลกระทบระยะยาว ในต่างประเทศมีคำว่า Mosaic Baby ใช้เรียกเด็กรุ่นใหม่ที่เกิดมาในยุคกดปุ่ม รู้จักแต่นำสิ่งต่าง ๆ มาต่อ มาติด มาแปะกันเข้าเป็นรูปสวย ๆ โดยไม่ได้สร้างสรรสิ่งเหล่านั้นขึ้นมาเอง แต่ดึงมาจากสิ่งที่คนอื่นสร้างไว้แล้ว เช่นในคอมพิวเตอร์แล้วนึกว่าตนเองเก่งมาก (โรคนี้ผู้ใหญ่ที่ใช้คอมพิวเตอร์ได้แบบงู ๆ ปลา ๆ ก็เป็น) **ทำให้เด็กขาดการพัฒนาการใช้มือและสมองร่วมกัน** สิ่งที่แย่กว่านั้นคือการที่เด็กเสียเวลานั่งอยู่หน้าจอเพื่อสัมผัสกับภาพมายา แทนที่จะได้มีเวลาวิ่งเล่นและสัมผัสกับธรรมชาติ

ผู้เขียนมีความเห็นว่าเด็กในช่วงอนุบาลถึงชั้นมัธยมต้นควรปล่อยให้มีการพัฒนาแบบธรรมชาติ โดยให้**ใช้มือทำงานให้มากที่สุด** จนเกิดทักษะของการสัมผัสโลกแห่งความเป็นจริงมากพอที่จะเข้าใจความเป็นจริงในธรรมชาติแล้ว จึงเริ่มใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาต่างๆ

สุดท้าย เมื่อหลายปีก่อนผู้เขียนได้อ่านบทความอันหนึ่งในวารสาร PUNCH ซึ่งปัจจุบันเลิกพิมพ์จำหน่ายแล้ว วารสารนี้มีลักษณะเป็นวารสารชวนหัวแบบหนังสือต่วยตูน แต่มีสาระมากกว่า บทความที่อ่านได้กล่าวถึงผลกระทบของการดูทีวีมาก ๆ ต่อสุขภาพของเด็ก โดยบทความนี้อ้างถึงงานวิจัยที่ทดลองใช้หลอดภาพทีวีแสดงภาพต่อหนูทดลองเป็นเวลานาน ๆ ผลการทดลองพบว่าพวกหนูทดลองนี้จะมีอาการ**อัณฑะฝ่อและหางหลุด** บทความอธิบายว่าหลอดภาพทีวีมีลักษณะเหมือนปืนอิเล็กตรอนที่ยิงแสงเข้าไปในตาเราโดยตรง ซึ่งต่างจากการมองเห็นในสภาวะปกติซึ่งเกิดจากแสงสะท้อนไปที่ภาพก่อน จากนั้นจึงสะท้อนมาเข้าตาเรา เรื่องนี้จะชวนหัวหรือไม่ก็แล้วแต่ผู้อ่าน แต่ถ้าเด็กต้องใช้เวลาดูทีวีที่บ้านวันละ 3 ถึง 4 ชั่วโมง แล้วยังต้องมาพบกับห้องเรียนที่มีแต่จอคอมพิวเตอร์และจอทีวีอีกวันละหลาย ๆ ชั่วโมง ห้องเรียนปี ค.ศ. 2000 ก็เป็นเรื่องที่ต้องคิดกันให้รอบคอบ

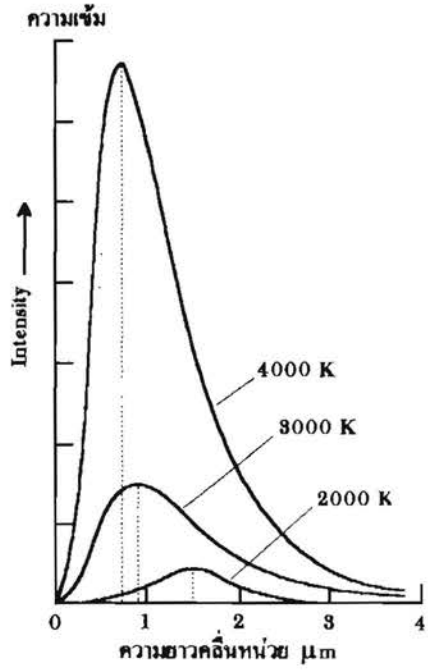
ว.วิทย มข. 23(3) : 119-124 (2538)

วัตถุสีเข้มเย็นเร็วจริงหรือ?

*ปัณณวัฒน์ ศักดิ์ทัศนา**

เมื่อเราอ่านตำราฟิสิกส์ในเรื่องเกี่ยวกับการแผ่รังสีความร้อน เรามักจะพบกับข้อความหรือคำกล่าวที่สรุปสั้น ๆ ว่า *"ตัวดูดกลืนที่ดีเป็นตัวเปล่งที่ดีด้วย"* ซึ่งหมายความว่า วัตถุหรือสารที่เป็นตัวดูดกลืน รังสีความร้อนที่ดีจะเป็นตัวเปล่งรังสีความร้อนที่ดีด้วย คำกล่าวนี้ถูกต้องแต่ยังไม่สมบูรณ์ เพราะอาจทำให้เข้าใจผิดหรือนำไปสู่การสรุปที่ไม่ถูกต้อง กล่าวคือ เราจะนึกถึงวัตถุสีดำซึ่งทราบกันดีแล้วว่าวัตถุสีดำดูดกลืน ความร้อนได้ดีกว่าวัตถุที่มีสีอ่อน และมักจะเข้าใจต่อไปว่า วัตถุสีดำคายความร้อนหรือเปล่งรังสีความร้อนได้ดีกว่าวัตถุสีอ่อนด้วย ซึ่งความเข้าใจนี้ไม่ถูกต้อง

ในหลักการแล้ว วัตถุทุก ๆ ชิ้นที่มีอุณหภูมิไม่เท่ากับศูนย์จะส่งพลังงานออกมาอย่างต่อเนื่องในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทุกความยาวคลื่น เรียกว่าการแผ่รังสี (radiation) แต่ความยาวคลื่นที่การแผ่รังสีมีความเข้มมากที่สุด จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของวัตถุ โดยที่ความยาวคลื่นของการแผ่รังสีที่มีความเข้มมากที่สุด จะสั้นลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ดังตัวอย่างกราฟที่แสดงในรูปที่ 1 สำหรับวัตถุดำที่มีอุณหภูมิต่าง ๆ ซึ่งเป็นไปตาม Wein Displacement law ที่ว่าความยาวคลื่นของการแผ่รังสีของวัตถุที่มีความเข้มมากที่สุด



รูปที่ 1 ความเข้มของการแผ่รังสีของวัตถุดำที่อุณหภูมิต่างกัน 3 ค่า

*ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002

$$\lambda_{max} = \frac{B}{T} \quad \text{.....} (1)$$

โดยที่ B เป็นค่าคงที่มีค่าเท่ากับ

2.898×10^{-3} m - K

T เป็นอุณหภูมิของวัตถุในหน่วย K ตัวอย่างเช่น วัตถุมีอุณหภูมิ 350 K หรือ $77^{o}C$ จะมี

$$\lambda_{max} = \frac{2.898 \times 10^{-3} \text{ m-K}}{350 \text{ K}}$$

$$= 8.28 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$= 8.28 \ \mu m$$

หมายความว่า ปริมาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่วัตถุแผ่ออกมาจะมีความยาวคลื่น 8.28 μm มากที่สุด ซึ่งเป็นความยาวคลื่น ในช่วงของรังสีอินฟาเรด ส่วนพลังงาน ทั้งหมดที่วัตถุร้อนแผ่รังสีออกมาต่อวินาที (อัตราการแผ่รังสี) จะเป็นไปตามกฎของสเตฟาน (Stefan's law)

$$P = e\sigma AT^4 \quad \text{.....} (2)$$

โดยที่ P คือ กำลังงานที่แผ่รังสีออกมา, A เป็นพื้นที่ผิวทั้งหมดของวัตถุ, T เป็นอุณหภูมิของวัตถุในหน่วยเคลวินสัมบูรณ์ , σ เป็นค่าคงที่ เรียกว่า Stefan constant และ e คือ ค่าสภาพเปล่งรังสี (emissivity) ของวัตถุซึ่งจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 กับ 1 ขึ้นอยู่กับธรรมชาติของพื้นผิวของวัตถุ สำหรับวัตถุดำ (black body) จะมีค่า e = 1 วัตถุดำในอุดมคติ คือ วัตถุที่สามารถดูดกลืนรังสีที่มาตกกระทบไว้ได้ทั้งหมดโดยไม่มีส่วนใดถูกสะท้อนเลย

อย่างไรก็ตามวัตถุไม่ได้แผ่รังสีสู่สิ่งแวดล้อมของมันอย่างเดียวเท่านั้น แต่วัตถุจะดูดกลืนรังสีจากสิ่งแวดล้อมในขณะเดียวกันด้วย เพราะหากไม่เป็นเช่นนี้แล้ว วัตถุร้อนจะต้องแผ่รังสีคายพลังงานออกจนหมด และมีอุณหภูมิเท่ากับศูนย์เคลวิน ซึ่งไม่เป็นความจริง ถ้าวัตถุมีอุณหภูมิสูงกว่าสิ่งแวดล้อม วัตถุจะคายความร้อนสุทธิออกสู่สิ่งแวดล้อมจนกระทั่งมีอุณหภูมิเท่ากับสิ่งแวดล้อมก็จะอยู่ในภาวะสมดุล ซึ่งในภาวะสมดุล วัตถุจะแผ่รังสีออกด้วยอัตราเท่ากันกับการดูดกลืนรังสี นั่นคือ ค่า e สำหรับการแผ่รังสีและการดูดกลืนรังสีจึงต้องเป็นค่าเดียวกัน และเป็นที่มาของคำกล่าวที่ว่า *"วัตถุที่เป็นตัวเปล่งรังสีที่ดีจะต้องเป็นตัวดูดกลืนรังสีที่ดีด้วย"* หรือในทางกลับกัน *"วัตถุที่เป็นตัวเปล่งรังสีที่เลวจะต้องเป็นตัวดูดกลืนที่เลวด้วย"* และถ้าพิจารณาคุณสมบัติทางด้านการสะท้อนรังสีของวัตถุก็จะกล่าวได้ว่า วัตถุที่เป็นตัวดูดกลืนรังสีที่ดีจะเป็นตัวสะท้อนรังสีที่เลว วัตถุที่เป็นตัวดูดกลืนที่เลวจะเป็นตัวสะท้อนที่ดี ถ้าวัตถุไม่สะท้อนรังสีในช่วงของแสงที่มองเห็นเลยก็จะเห็นวัตถุมีสีดำ ถ้าสะท้อนแสงสีอะไรก็จะเห็นวัตถุมีสีนั้น และถ้าสะท้อนแสงในช่วงความยาวคลื่นของแสงที่มองเห็นทุกสีก็จะเห็นเป็นสีขาว

ข้อความที่ผิดหรือทำให้เข้าใจผิด

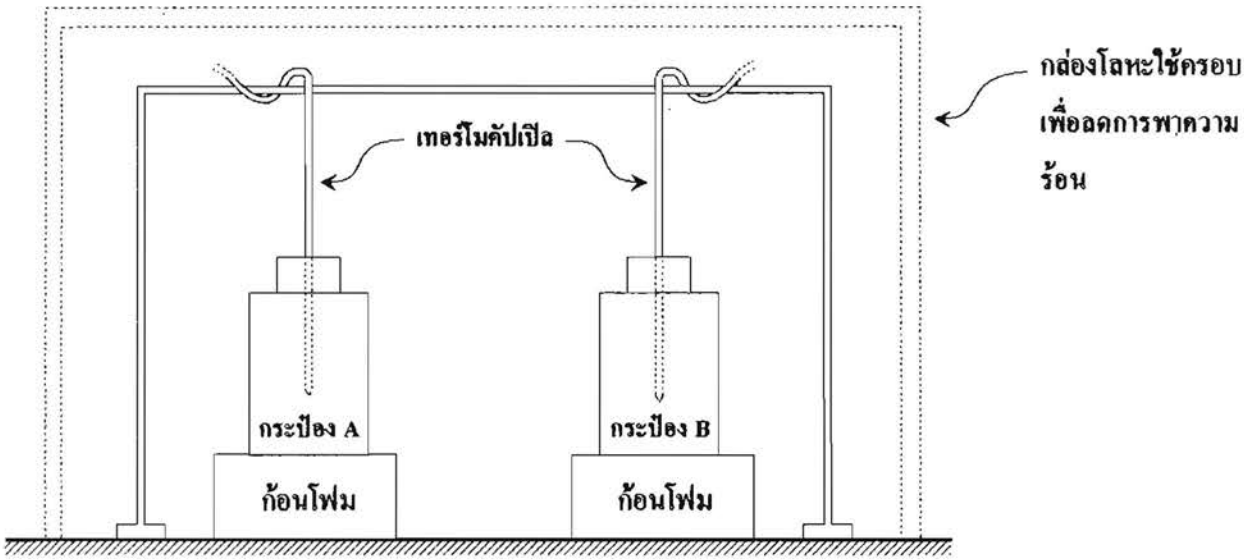
มีตัวอย่างข้อความในหนังสือฟิสิกส์บางเล่มที่ผิดหรือทำให้เข้าใจผิด เช่น ในหนังสือ Conceptual Physics ที่แต่งโดย Hewitt ได้กล่าวถึงการดูดกลืนและการแผ่รังสีความร้อนไว้ตอนหนึ่งว่า *"สิ่งนี้สามารถแสดงให้เห็นได้โดยใช้ภาชนะโลหะ 2 ใบ ที่มีขนาดและรูปร่างเท่ากัน ใบหนึ่งเป็นผิวโลหะขัดมันไม่ทาสี อีกใบหนึ่งผิวทาสีดำ ถ้าบรรจุน้ำร้อนลงในภาชนะทั้งสองด้วยปริมาณเท่ากันจนเต็ม แล้วใช้เทอร์โมมิเตอร์จุ่มลงไปวัดอุณหภูมิของน้ำในภาชนะทั้งสองเราจะพบว่า ใบที่ผิวทาสีดำเย็นเร็วกว่า ผิวสีดำ จึงเป็นตัวแผ่รังสีที่ดีกว่า"* คำกล่าวนี้เป็นจริงเพราะใบที่ว่ามีสีอ่อนนั้นเป็นผิวโลหะไม่ได้ทาสี ไม่ใช่เพราะเหตุว่ามีสีอ่อน ซึ่งเราสามารถแสดงให้เห็นได้ว่า ถ้านำภาชนะใบที่ไม่ได้ทาสีมาทาด้วยสีขาว มันจะเย็นลงด้วยอัตราเดียวกันหรือใกล้เคียงกันกับใบที่ทาสีดำ

หนังสืออีกเล่มหนึ่งที่พบข้อความในทำนองเดียวกันคือ หนังสือ Modern College Physics ของ White ซึ่งมีข้อความตอนหนึ่งว่า *"ถ้วยผิวด้านนอกของถ้วยกาแฟร้อนทาด้วยสีดำด้านอัตราของการเย็นลงจะเร็วกว่าเมื่อผิวด้านนอกฉาบด้วยโครเมียม"* คำกล่าวนี้ถูกต้อง แต่อาจทำให้เข้าใจผิดได้ เพราะหากแทนการฉาบโครเมียมด้วยการทาสีขาว คำกล่าวนี้ก็จะไม่เป็นจริง นอกจากนี้ยังพบข้อความที่ทำให้เข้าใจผิดทำนองเดียวกันนี้อีกในหนังสือ Thinking Physics ของ Epstein ซึ่งได้กล่าวถึงข้อดีของบ้านทาสีขาวว่า *"สีขาวแผ่รังสีน้อยที่สุด ดังนั้นมันจึงรักษาอุณหภูมิของบ้านไว้ทำให้อบอุ่นในตอนกลางคืน"*

แม้แต่อุปกรณ์การทดลองชุด *"Two-Can Radiation Apparatus"* ของบริษัท Central Scientific Company ซึ่งเป็นอุปกรณ์สาธิตเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของการเย็นลงโดยการแผ่รังสีระหว่างพื้นผิวสีเข้มกับสีอ่อนก็เป็นเพียงการเปรียบเทียบระหว่างกระป๋องโลหะที่ทาสีดำกับที่ไม่ทาสีตามคำกล่าวในหนังสือของ Hewitt เท่านั้น

ผลการพิสูจน์

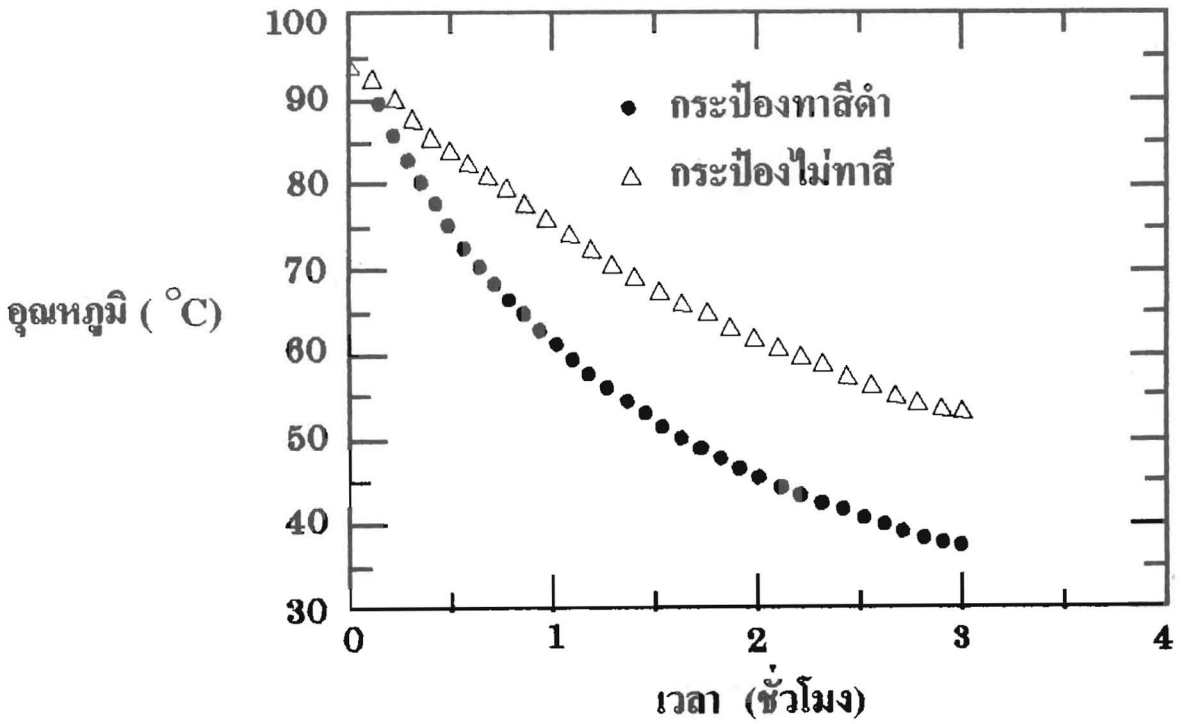
Richard A. Bartels แห่งภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยทรินิตี รัฐเทกซัส สหรัฐอเมริกา ได้ทำการทดลองพิสูจน์ความจริงของการเย็นลงเนื่องจากการแผ่รังสีความร้อน โดยใช้อุปกรณ์ชุด Two - Can Radiation Apparatus ของบริษัท Central Scientific Company จำนวน 2 ชุด เลือกมาจำนวน 3 ใบ เป็นใบที่ทาสีดำ 1 ใบ และไม่ได้ทาสี 2 ใบ แล้วนำใบที่ไม่ได้ทาสีใบหนึ่งมาทาสีขาวด้าน กล่าวคือ กระป๋องที่นำมาใช้ทดลองเป็นกระป๋องที่เหมือนกัน 3 ใบ แต่มีสีต่างกันคือ ทาสีดำ, ทาสีขาว, และไม่ทาสี แล้วทำการทดลองเปรียบเทียบทีละคู่ระหว่างกระป๋องทาสีดำกับกระป๋องทาสีขาว และระหว่างกระป๋องทาสีดำกับกระป๋องไม่ทาสี โดยจัดอุปกรณ์การทดลองดังรูปที่ 2 ซึ่งกระป๋อง A อาจเป็นกระป๋องสีดำ กระป๋อง B อาจเป็นกระป๋องสีขาว



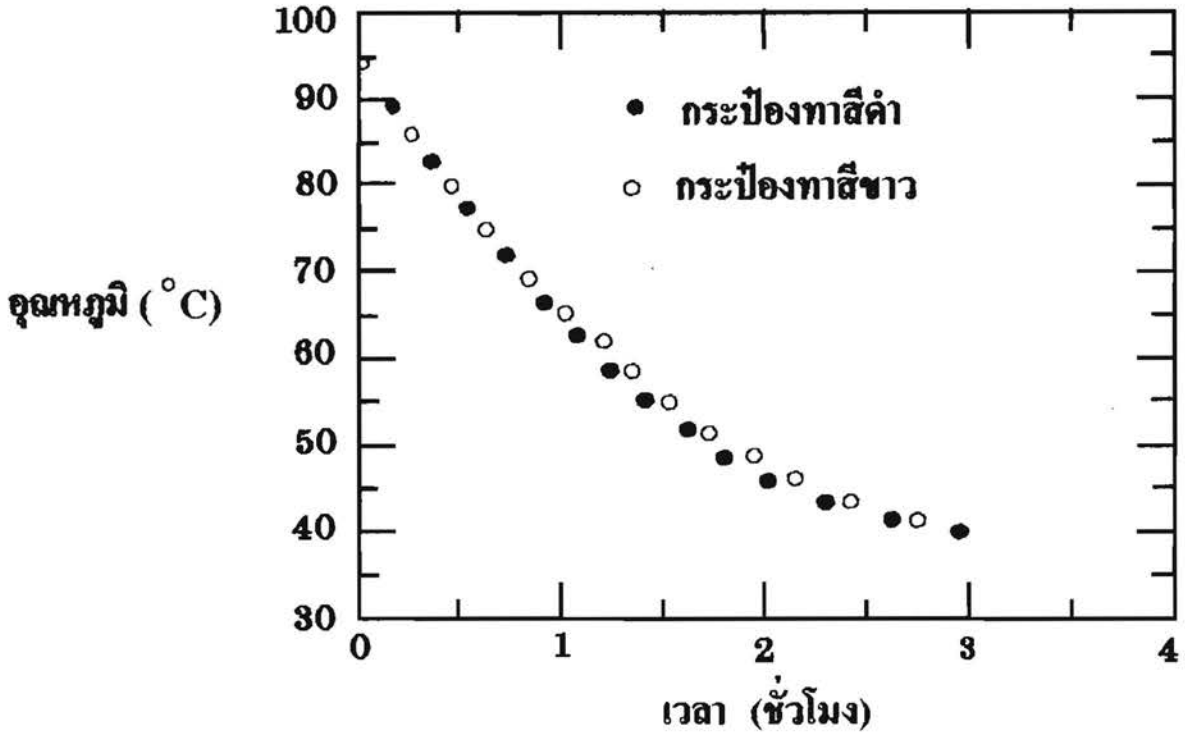
รูปที่ 2 แสดงการจัดอุปกรณ์การทดลอง

วิธีทดลอง ใส่น้ำลงในกระป๋องทั้งสองใบจนเกือบเต็มด้วยปริมาณเท่ากัน นำไปต้มบนเตาพร้อมกันจนใกล้จะเดือดด้วยอุณหภูมิประมาณ 97°C เท่ากัน (ให้อุณหภูมิแตกต่างกันได้ไม่เกิน 1°C) แล้วนำมาวางคู่กัน ปล่อยให้เย็นลง โดยวางกระป๋องทั้งสองไว้บนแผ่นโฟมเพื่อลดการสูญเสียความร้อนเนื่องจากการนำความร้อน อุปกรณ์ทั้งหมดถูกครอบไว้ด้วยกล่องโลหะขนาดใหญ่ เพื่อลดการสูญเสียความร้อนที่เนื่องจากการพาความร้อน ทำการวัดอุณหภูมิของน้ำในกระป๋องทั้งสองทุก ๆ 3 นาที ติดต่อกันเป็นเวลา 3 ชั่วโมง โดยใช้เทอร์มอคัปเปิลซึ่งสามารถวัดอุณหภูมิได้ละเอียดถึง 0.2°C นอกจากนี้ยังได้ทดลองสลับตำแหน่งของกระป๋องทั้งสองด้วย เช่น ตอนแรกให้กระป๋อง A อยู่ทางซ้าย กระป๋อง B อยู่ทางขวา แล้วสลับตำแหน่งให้กระป๋อง A อยู่ทางขวา และกระป๋อง B อยู่ทางซ้าย เป็นต้น ซึ่งพบว่าการสลับตำแหน่งไม่มีผลอะไร

จากผลการทดลองระหว่างกระป๋องทาสีดำกับกระป๋องไม่ทาสีพบว่า กระป๋องสีดำเย็นเร็วกว่ากระป๋องไม่ทาสีอย่างเห็นได้ชัด ดังกราฟผลการทดลองในรูปที่ 3 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผิวโลหะเป็นตัวแผ่รังสีความร้อนที่เลว และจากผลการทดลองระหว่างกระป๋องทาสีดำกับกระป๋องทาสีขาว พบว่าอัตราการเย็นลงต่างกันน้อยมาก ดังกราฟผลการทดลองในรูปที่ 4 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าพื้นผิวสีขาวและสีดำเป็นตัวแผ่รังสีความร้อนที่เท่าเทียมกัน จึงอาจกล่าวได้ว่า กระป๋องสีดำกับกระป๋องสีขาวแผ่รังสีความร้อนด้วยอัตราเดียวกัน ทั้งนี้ผู้ทดลองได้คำนึงถึงปัญหาความหนาของชั้นสีที่จะมีผลให้การนำความร้อนผ่านชั้นสีสู่ผิวด้านนอกลดลงด้วยแต่จากการวัดและคำนวณจะได้ว่า พื้นที่ผิวของการแผ่รังสีที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการทาสีจะชดเชยอัตราการนำความร้อนที่ลดลงเนื่องจากต้องผ่านชั้นสี ทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีไม่ถูกกระทบโดยการลดลงของการนำความร้อนที่ต้องผ่านชั้นสี



รูปที่ 3 เปรียบเทียบผลการทดลองระหว่างกระป๋องทาสีดำกับกระป๋องไม่ทาสี



รูปที่ 4 เปรียบเทียบผลการทดลองระหว่างกระป๋องทาสีดำกับกระป๋องทาสีขาว

สรุป

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ความเข้าใจที่ว่าวัตถุสีเข้มเย็นกว่าวัตถุวัตถุสีอ่อนนั้นไม่เป็นความจริง เพราะรังสีความร้อนเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นในช่วงรังสีอินฟาเรด ปัญหาความเข้าใจผิดที่ว่านี้เกิดจากการสันนิษฐานว่า สมบัติการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของวัตถุสำหรับรังสีอินฟาเรดกับแสงที่มองเห็นนั้นเหมือนกัน ซึ่งความจริงแล้วอาจจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับวัตถุ กล่าวคือ โลหะเป็นตัวสะท้อนที่ดี (เป็นตัวเปล่งที่เลว) สำหรับทุกความยาวคลื่น สีดำเป็นตัวสะท้อนที่เลว (เป็นตัวเปล่งที่ดี) สำหรับทุกความยาวคลื่น และสีขาวถึงแม้จะเป็นตัวสะท้อนที่ดีสำหรับแสงที่มองเห็น แต่ก็เป็นตัวสะท้อนที่เลว (เป็นตัวเปล่งที่ดี) สำหรับรังสีอินฟาเรด ซึ่งจากข้อมูลของค่าสภาพสะท้อน (reflectivity) แสดงให้เห็นว่า สีธรรมดาที่ใช้ทาทุกสีจะมีสมบัติเหมือนสีดำสำหรับความยาวคลื่นในช่วง 8-10 μm ของรังสีอินฟาเรด ดังตัวอย่างค่า สภาพเปล่งรังสี (emissivity ,e) ที่ Kreith และ Bohn ได้ให้ไว้ เช่น สีขาวชนิดสังกะสีออกไซด์มีค่าสภาพเปล่งรังสี e = 0.18 ที่ความยาวคลื่น 0.6 μm และ e = 0.95 ที่ความยาวคลื่น 9.3 μm สำหรับสีดำของเขม่าไฟมีค่า e = 0.97 ที่ความยาวคลื่น 0.6 μm และ e = 0.96 ที่ความยาวคลื่น 9.3 μm นั่นคือ วัตถุที่เป็นตัวสะท้อนที่ดี (เป็นตัวเปล่งรังสีและดูดกลืนรังสีที่เลว) สำหรับความยาวคลื่นของแสงที่มองเห็น ไม่จำเป็นต้องเป็นตัว

สะท้อนที่ดีสำหรับความยาวคลื่นในช่วงรังสีอินฟาเรดด้วย ดังนั้น คำกล่าวที่ว่า *"ตัวดูดกลืนที่ดีเป็นตัวเปล่งที่ดีด้วย"* จึงควรกล่าวเสียใหม่ให้ชัดเจนว่า *"วัตถุที่เป็นตัวดูดกลืนที่ดีของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ความยาวคลื่นใด จะเป็นตัวเปล่งที่ดีของความยาวคลื่นนั้นด้วย"*

เอกสารอ้างอิง

1. Kane, Joseph W. and Sternheim, Morton M. (1984) Physics. Singapore : John Wiley & Sons Inc., 2nd ed., P.253-254
2. Hewitt, P.G. (1977) Conceptual Physics. Boston: Little Brown . 3rd ed., P.247
3. White, H.E. (1972) Modern College Physics. New York : Van Nostrand Reinhold, 6th ed., P.249
4. Epstein, L.C. (1983) Thinking Physics. San Francisco : Insight, 2 nd ed., P.247
5. Kreith, F and Bohn, M.S. (1986) Principles of Heat Transfer. Now York : Harper & Row. 4th ed., P.450-453
6. Bartels, Richard A. (1990) "Do darker objects really cool faster ?" , Am. J. Phys. 58(3) : 244-248
7. Central Scientific Co., Rochester, New York, 14692-9012, 1995, Catalog NO. 77630 T

ว.วิทย มข. 23(3) : 125-142 (2538)

DEVELOPMENT IN VITRO OF PREIMPLANTATION MOUSE EMBRYOS IN DIFFERENT MEDIA

AMARA VINIJSANUN AND D.G. WHITTINGHAM***

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของสารอาหารเพาะเลี้ยงเอ็มบริโอสี่ชนิด คือ M16, CZB, CZB+G (ใส่กลูโคสในสารอาหาร CZB หลังการเพาะเลี้ยงได้ 48 ชั่วโมง) และ SOM ในการเพาะเลี้ยงเอ็มบริโอระยะหนึ่งและสองเซลล์จากหนูเล็กสายพันธุ์ที่มีการยับยั้งการพัฒนาของเอ็มบริโอ (MF1) และสายพันธุ์ที่ไม่มีการยับยั้งดังกล่าว (F1 hybrid) โดยใช้เวลา 5 วัน จนได้เอ็มบริโอระยะบลาสโทซิสต์ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าสารอาหารทุกชนิดสามารถกระตุ้นการแบ่งตัวครั้งแรกของไซโกตจากหนูเล็กทั้งสองสายพันธุ์ แสดงว่าการมีหรือไม่มีกลูโคสไม่มีผลเสียต่อการแบ่งเซลล์ครั้งแรกของเอ็มบริโอระยะหนึ่งเซลล์ดังกล่าว เมื่อเพาะเลี้ยงเอ็มบริโอนี้ต่อไปในสารอาหารที่ไม่มีกลูโคส (CZB) จนถึงวันที่สี่ พบว่าได้สัดส่วนของเอ็มบริโอปกติต่ำกว่ากลุ่มอื่นมาก โดยเฉพาะในสายพันธุ์ MF1 และเมื่อเลี้ยงเอ็มบริโอต่อไปจนถึงวันที่ห้าพบว่าเอ็มบริโอส่วนใหญ่จากทั้งสองสายพันธุ์ตายและสลายไป การศึกษานี้ชี้ให้เห็นความสำคัญของกูลโคสต่อการพัฒนาของเอ็มบริโอ อย่างน้อยในระยะหลังการอัดแน่นของเซลล์เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของมอรูลาไปเป็นบลาสโทซิสต์ การให้กลูโคสหลังการเพาะเลี้ยงได้ 48 ชั่วโมงพบว่าเอ็มบริโอส่วนใหญ่จะพัฒนาไปอย่างปกติ อย่างไรก็ตามเราได้แสดงให้เห็นว่าในหนูเล็กสายพันธุ์ F1 hybrid สารอาหาร M16 กระตุ้นการพัฒนาของเอ็มบริโอระยะหนึ่งเซลล์ไปเป็นบลาสโทซิสต์ได้ดีที่สุด

ในทางตรงกันข้ามในการเพาะเลี้ยงเอ็มบริโอระยะหนึ่งเซลล์จากหนูเล็กสายพันธุ์ MF1 พบว่าการมีกลูโคสในสารอาหาร (M16) อาจเป็นสาเหตุของการยับยั้งการพัฒนาของเอ็มบริโอพวกนี้ เนื่องจากพบว่าเกือบครึ่งหนึ่ง (46%) ไม่สามารถพัฒนาเกินระยะแปดเซลล์ได้ ขณะที่ในสารอาหารอื่นพบเอ็มบริโอในระยะดังกล่าวน้อยมาก (1-5%) อาจเป็นไปได้ว่าในสภาวะที่มีกลูโคสเอ็มบริโอจะสร้างพลังงานโดยกระบวนการไกลโคไลซิส แม้ว่าจะเกิดผลเสียกับมันเมื่อถูกเลี้ยงในหลอดทดลอง การให้กลูโคสหลังการเพาะเลี้ยงได้ 48 ชั่วโมงเมื่อเอ็มบริโออยู่ในระยะสี่เซลล์ พบว่าสามารถกระตุ้นการพัฒนาของเอ็มบริโอพวกนี้ได้อย่างเหมาะสม อย่างไรก็ตามพบว่าสารอาหารที่มีกลูโคสความเข้มข้นต่ำ (0.2 mM) (SOM) ก็สามารถกระตุ้นการพัฒนาของเอ็มบริโอกลุ่มนี้ได้อย่างเหมาะสมเช่นกัน อาจเป็นไปได้ว่าเอ็มบริโอใช้กลูทามีนซึ่งเป็นส่วนประกอบของสารอาหารดังกล่าว เพื่อให้ได้มาซึ่งพลังงานเพิ่มเติมจากการใช้สารพลังงานพวกไพรูเวทเลกเทตและกลูโคส เราสรุปว่าสารอาหารที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงเอ็มบริโอระยะหนึ่งเซลล์จากหนูเล็กสายพันธุ์ที่มีการยับยั้งการพัฒนาของเอ็มบริโอคือ CZB+G และ SOM

* Department of Biology, Faculty of Science, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002 Thailand
**MRC Experimental Embryology and Teratology Unit, St. George's Hopital Medical School, Cranmer Terrace, London, SW17 ORE, U.K.

เมื่อปล่อยให้เอ็มบริโอของหนูเล็กสายพันธุ์ MF1 เจริญต่อไปในตัวสัตว์อีก 24 ชั่วโมง ก่อนนำมาศึกษาในวันที่สองของการตั้งท้องในระยะสองเซลล์ พบว่าสารอาหารทั้งสี่ชนิดสามารถกระตุ้นการพัฒนาของเอ็มบริโอไปเป็นบลาสโทซิสต์ได้อย่างเหมาะสม แม้ว่า M16 จะให้ผลดีที่สุดเนื่องจากให้จำนวนบลาสโทซิสต์มากที่สุด รวมทั้งจำนวนเซลล์ในแต่ละบลาสโทซิสต์มากที่สุดด้วย สิ่งที่น่าสนใจก็คือสารอาหารที่ไม่มีกลูโคสสามารถกระตุ้นการพัฒนาของเอ็มบริโอพวกนี้ได้ค่อนข้างเหมาะสมเช่นกัน อาจเป็นไปได้ว่าขณะที่เจริญอยู่ในร่างกายสัตว์ถึงสองวัน เอ็มบริโอได้สะสมสารพลังงานซึ่งอาจอยู่ในรูปของไกลโคเจนไว้เพียงพอเพื่อใช้ในการพัฒนาของมันในโอกาสต่อไป

ABSTRACT

The effects of four culture media namely M16, CZB, CZB+G (with glucose adding at 48 h of culture), and SOM were tested for their ability to support the development to blastocyst stage of 1- and 2-cell embryos from the blocking (MF1/Lac) and non-blocking (B6CBF1) mouse strains. Developmental stage and abnormalities of embryos were assessed for 5 days. Results demonstrated that all media were equally effective in inducing the first cleavage division of the zygotes from both strains. This indicates that neither the presence of glucose nor its absence has deleterious effect on development from 1-cell to 2-cell stage. When 1-cell embryos were cultured in the absence of glucose (CZB medium) and examined on d4 lower proportions of normal embryos were obtained with more pronouced effect in those blocking embryos, and on d5 nearly all embryos were degenerated. This indicates that glucose is needed for optimal development of mouse embryos for at least post-compaction period when transition of morulae to blastocysts occurs. Adding glucose to CZB medium at 48 h after culture led to normal development to blastocyst stage. We demonstrated that, in the non-blocking mouse strain, M16 was most suitable for raising 1-cell embryos to the blastocyst.

On the other hand, in the blocking strain, results showed that the presence of glucose in the medium (M16) from 1-cell stage caused development block as nearly one half (46 %) of embryos could not develop beyond 8-cell stage whereas in the other media the proportion of embryos in the same developmental stages were very small (1-5%). It could be that in the presence of glucose early embryos may pursue a glycolytic mode of metabolism even though it may be their detriment in vitro. Addition of glucose after 4-cell stage (in CZB+G medium) seems to be suitable for culturing these blocking embryos. However, the presence of a small amount of glucose (0.2 mM) in SOM medium seems to be sufficient to promote optimal growth and development of 1-cell embryos from both strains. In this medium, glutamine may be utilized as energy substrate in supplement to pyruvate, lactate and glucose. We conclude that CZB+G and SOM are most suitable for raising 1-cell embryos from the blocking mouse strain.

When blocking embryos were left in the oviduct for another 24 h before recovered on d2 at 2-cell stage, it was found that all media were able to support optimal development though M16 was most suitable with the highest proportion of blastocysts and embryonic cell number. Interestingly, it is evident that CZB medium (without glucose) could also promote optimal development. It is possible that during the period of two days in vivo embryos might store enough energy substrate, propably in the form of glycogen which could be used for their later development.

INTRODUCTION

It has been accepted that fertilized oocytes from most outbred and inbred mouse strains do not develop to blastocysts when cultured in most simple chemically defined media, but arrest at the 2-cell to 4-cell stage, a phenomenon referred to as the in vitro 2-cell block (1). Only the embryos from certain inbred strains and their F1 hybrids develop consistantly from the zygotes to the blastocysts under the same conditions (1, 2). However, in these strains, embryo development in vitro is retarded by 18-24 h when compared with that in vivo (3, 4). The causation of the block may be due to oocyte cytoplasmic factors controlled by the maternal genome (5, 6) which may be lacking in embryos from blocking strains and may be overcome by transferring arrested embryos to explanted oviducts in organ culture (7) or by giving them an injection of cytoplasm of embryos from non-blocking strains (8, 9).

The ability of 1-cell mouse embryos to develop in vitro has been shown to be a function of mouse strain (1, 10), medium components (11, 12) and culture conditions (13). For example, the causation of the block might be due to the energy substrate in the medium, as it is shown that pyruvate as well as lactate are required as energy sources to support the first and second cleavage divisions of 1-cell embryos from blocking strains (14, 15) and that glucose is unable to promote the development until after the 4-cell stage, probably due to a limited capacity for glycolysis (16). Indeed, glucose has to be present in the medium if transition of morulae to blastocysts has to be achieved although its earlier presence may adversely affect the early cleavages of the random-bred zygote (15, 17). Also it has been shown that chelating agent like EDTA (ethylenediamine tetra-acetic acid) and glutamine improved the mouse embryo development (17, 18, 19, 20, 21).

In the absence of direct evidence that blocks to development occur in vivo, it is likely that the blocks to development observed in vitro are caused by adverse culture conditions, such as imbalances in the concentrations of certain substituents (22). These adverse conditions then result in either impaired transmission of inherited maternal information (6) or defective activation of the embryonic genome (23).

The present study was to determine the effect of four different culture media on early development of 1- and 2-cell mouse embryos from the non-blocking (B6CBF1=F1 hybrid) and blocking (MF1/Lac=MF1) strains.

MATERIALS AND METHODS

EMBRYO COLLECTION AND CULTURE

F1 hybrid and MF1 females, 6-8 weeks of age, were superovulated with intraperitoneal injections of 5 iu pregnan mares' serum gonadotrophin (Folligon: Intervet, UK.) followed 48 h later by 5 iu of human chorionic gonadotrophin (hCG, Chorulon: Intervet, UK.). Two to 3 of them were paired overnight with a male of the same strain and inspected for vaginal plugs the next day as an indication of successful mating and was designated d1 (day 1) of pregnancy. Twenty six to 27 h after hCG administration 1-cell fertilized oocytes were recovered by flushing the oviduct content into warm Hepes-buffered mouse embryos handling medium, M2 (24), with hyaluronidase (Sigma, UK; 150 iu ml^{-1}) (only briefly) to disperse cumulus cells. Two-cell embryos were flushed at 46 h after hCG injection into the warmed M2 without hyaluronidase. Embryos were washed in 2x2 ml changes of M2 and then 3x200 μl of the culture medium, in which they were to be cultured and which has been equilibrated previously with 5% CO_2 in air at 37°C under light paraffin oil (BDH, UK). Ten to 20 embryos were placed in a 50 μl drop of culture medium under light paraffin oil in 35 mm plastic tissue culture dish (Falcon, UK) and cultured in a humidified atmosphere of 5% CO_2 in air at 37°C. The embryos were scored at 22, 46, 70, and 94 h after culture for 1-cell embryos and at 26, 50, and 74 h after culture for 2-cell embryos and developmental stage and abnormalities recorded. On d4 embryos were classified as normal if they were compacted morulae and early blastocysts and if they were blastocysts on d5. Abnormal embryos were those with degenerating blastomeres, or with obviously unsynchronized development with a small mass of compacted morula or blastocyst accompanied by loose cells, or with lysing cells of decompacting morulae. When the culture dishes were outside the culture incubator and not on the microscopic stage, they were maintained at 37°C on a warmplate. On d5 some expanded blastocysts from each culture medium were fixed in 10% formalin in phosphate buffered saline and stained with the vital fluorescent DNA-binding dye, Hoechst 33258 (Sigma, U.K.). The fluorescent labelled nuclei were counted using a Leitz Epifluorescence microscope.

CULTURE MEDIUM

Four culture media used in the present report were 1) a conventional mouse embryo culture medium, M16 (14) which has been widely used in many laboratories for culturing 1-cell and 2-cell mouse embryos from certain strains, 2) CZB (a modification of modified BMOC-2 medium containing an increased

lactate/pyruvate ratio of 116, glutamine and EDTA but lacking glucose), 3) CZB+G (CZB with glucose, 2.5 μl of sterile 100 mg glucose/ml stock solution was given by direct injection into the culture drop to give final concentration of 27.5 mM at 48 h of culture for 1-cell embryos and at 24 h for 2-cell embryos, i.e. on d3, 18) and 4) SOM (21). The latter has been recently developed by the experiment strategy called simplex optimization method (25). It contains lower concentrations of virtually every component that has been incorporated hitherto in preimplantation mouse embryo culture media and also glutamine and EDTA. Formulations of these media are shown in Table 1. Culture media were freshly prepared each week from concentrated stock solutions of various components (Stock A: NaCl, KCl, KH_2PO_4, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, sodium lactate, glucose, penicillin and streptomycin; Stock B: $NaHCO_3$ and phenol red; and individual stock solutions of sodium pyruvate, $CaCl_2 \cdot 2H_2O$, glutamine, EDTA). Stock A, EDTA and calcium solutions were kept in 4°C and used within 3 months. Stock B, pyruvate and glutamine solutions were prepared every time media were made, and BSA (fraction V) added lastly to media before they were filter-sterilized through 0.22 μm Millipore (Millipore, UK). Water used in preparation of culture media was tissue culture grade. Osmolarity of all media was tested by freezing point depression, if not within the range designed they were discarded and new media were made. All components were purchased from BDH (UK), excepted for sodium lactate, sodium pyruvate, glutamine, EDTA and BSA which were purchased from Sigma (UK), and Hepes from Calbiochem-Boehring (UK).

EXPERIMENTAL DESIGN AND STATISTICAL ANALYSIS

Each experiment was repeated 5-10 times on different days. Since no obvious differences were observed in embryo development between replicates, the data from each have been pooled. All embryos collected on each day were pooled in the final M2 wash before being allocated to the different treatments. Differences between treatments were tested by Chi-square analysis of the combined data, using Yates' correction for continuity where d.f.=1 (26). Differences between means of blastocyst cell numbers were investigated by two-tailed t-test analysis of the data.

Table 1. Composition of culture media M16, CZB and SOM

	Medium *		
Component	**M16**	**CZB**	**SOM**
NaCl	94.66	82.0	85.0
KCl	4.78	4.86	0.25
KH_2PO_4	1.19	1.17	0.35
$MgSO_4.7H_2O$	1.19	1.18	0.2
Na lactate	23.28	30.1	10.0
Glucose	5.56	0.0	0.2
Penicillin	100 U/ml	100 U/ml	100 U/ml
Streptomycin	50 µg/ml	50 µg/ml	50 µg/ml
$NaHCO_3$	25.0	25.0	25.0
Phenol red	0.01 g/L	0.01 g/L	0.01 g/L
Na pyruvate	0.33	0.26	0.20
$CaCl_2.2H_2O$	1.71	1.71	1.71
Glutamine	0.0	1.0	1.0
EDTA	0.0	0.1	0.01
BSA	4 mg/ml	5 mg/ml	1 mg/ml
Osmolarity	285-292	274-295	225-234

*Concentration of components in the mM unless otherwise indicated.

RESULTS

Experiment 1: Development of 1-cell embryos from F1 hybrid and 2-cell embryos from MF1 mice.

Culture media were preliminary tested using 1-cell embryos from non-blocking F1 hybrid and 2-cell embryos from blocking MF1 mice and results are shown in Tables 2 and 3. From Table 2 it is clear that all culture media were equally effective in inducing the first cleavage division of zygotes from F1 hybrid mice. When examined on d4 M16 and CZB+G media were most effective in enhancing normal development to compacted morulae and early blastocysts (i.e. normal embryos of M16 and of CZB+G were 97 and 96%, respectively). In addition more than a half of these embryos were early blastocysts. In SOM treatment although most embryos developed normally (84%) it seems that there was a little delay in development as a high proportion of normal embryos (62%) was compacted morulae as compared to those from M16 (47%) and CZB+G (43%) media. In CZB treatment where glucose was omitted, more than a half of embryos (56%) developed to compacted morulae, no blastocysts were formed and the rest were degenerating. On d5 results indicated that M16 was most effective in supporting development of these embryos as it produced highest proportion of blastocysts (94%) although the difference was only significant when compared to SOM mediun ($P<0.01$) but not to CZB+G medium. Moreover, the mean cell number per blastocysts in M16 treatment (88.0 ± 4.8) was significantly higher ($p<0.001$) than those grown in the other treatments. CZB+G and SOM treatments were similarly effective in promoting development to the blastocyst stage whereas CZB medium failed to support morula-blastocyst transition as all embryos decompacted and degenerated.

Table 3 shows results of development in culture media of 2-cell embryos from MF1 mice. It is clear that rates of development of these embryos grown in M16, CZB+G and SOM media, as assessed by percentages of normal embryos on d4 (i.e. 99, 97, and 99%, respectively) and d5 (i.e. 94, 91, and 94%, respectively). were comparably effective whereas the rate of embryo development in CZB medium seemed to be less effective with fewer normal embryos on d4 (88 %). On d5 the proportion of blastocysts in CZB medium (79%) was also lower than those grown in 3 other media although the significant was found only when compared with those from M16 and SOM ($P<0.05$). When the effect of the culture media on the embryo development was assessed on the cell number per blastocyst, it was clear that M16 was the best medium which produced significantly higher cell number (127.4 ± 6.0) when compared to the other media ($P<0.001$), whereas the cell number per blastocyst of those cultured in CZB, CZB+G and SOM were not significantly different from each other.

Table 2. Culture of 1-cell embryos from F1 hybrid mice in various media for 5 days.

Medium	% 2C	No. (%) embryos on d4					No. (%) embryos on d5				No. B	No. cells/B
	on d2	2C	3-8C	CM	B	Abn	2-8C	CM	B	Abn		Mean+SEM
M16	96	0	0	46	49	3	0	0	92^{23}	6	20	88.0 ± 4.8^{3z}
		(0)	(0)	(47)	(50)	(3)	(0)	(0)	(94)	(6)		
CZB	98	0	0	54	0	43	0	0	0^{3cz}	97	0	0
		(0)	(0)	(56)	(0)	(44)	(0)	(0)	(0)	(100)		
CZB+G	96	0	0	42	51	4	0	0	84^{c}	13	20	62.8 ± 2.3^{3}
		(0)	(0)	(43)	(53)	(4)	(0)	(0)	(87)	(13)		
SOM	93	1	5	62	22	10	2	3	772^{z}	18	20	62.2 ± 3.0^{z}
		(1)	(5)	(62)	(22)	(10)	(2)	(3)	(77)	(18)		

Abbreviations : 1C, 2C, 2-8C, 3-8C, CM, B and Abn are 1-cell, 2-cell, 2- to 8-cell, 3- to 8- cell, compacted morula, blastocyst and abnormal embryos, respectively.

Same letters and numbers in the same column are significantly different from each other at $P<0.01$ (2), $P<0.001$ (3,c,z).

No. of total 1-cell embyros studied were 97-100 embryos.

Table 3. Culture of 2-cell embryos from MF1 mice in various media for 5 days.

Medium	No. (%) of embryos on d4					No. (%) of embryos on d5				No. B	No. cells/B
	2C	3-8C	CM	B	Abn	3-8C	CM	B	Abn		Mean+SEM
M16	0	1	17	59	0	1	0	72^{a}	4	15	127.4 ± 6.0^{3cz}
	(0)	(1)	(22)	(77)	(0)	(1)	(0)	(94)	(5)		
CZB	0	0	35	32	9	0	0	60^{ax}	16	17	70.7 ± 3.2^{3}
	(0)	(0)	(46)	(42)	(12)	(0)	(0)	(79)	(21)		
CZB+G	0	0	38	39	2	0	0	72	7	16	82.6 ± 5.7^{c}
	(0)	(0)	(48)	(49)	(3)	(0)	(0)	(91)	(9)		
SOM	0	0	37	44	1	0	1	77^{x}	4	19	80.0 ± 4.1^{z}
	(0)	(0)	(45)	(54)	(1)	(0)	(1)	(94)	(5)		

Abbreviations are as in Table 2.

Same letters and numbers in the same column are significantly different from each other at $P<0.05$ (a,x), $P<0.001$ (3,c,z). No. of total 2-cell embyros studied were 76-82 embryos.

Experiment 2: Development of 1-cell embryos from MF1 mice.

It was of most interest to determine whether four media studied in the present paper were able to support preimplantation development of mouse embryos from the blocking strain. Therefore 1-cell embryos were raised and results are shown in Table 4. It is again clear that all media were equally effective in supporting the first cell division of zygotes as percentages of 2-cell embryos observed on d2 were very high (90-93%). On d4 it was found that CZB+G and SOM media were equally effective in promoting embryo development to compacted morulae and early blastocyst stages (83-85%) whereas in M16 and CZB media percentages of normal embryos were quite low (33-41%). Interestingly, in M16 medium about a half of embryos could not develop beyond 8-cell stage (i.e. percentage of 2-cell and 3- to 8-cell embryos was 46%) when compared to small proportions of embryos (in the same developmental stages) grown in the other media (e.g. CZB: CZB+G: SOM= 1: 5: 5%). Also, a high proportion of abnormal embryos (66%) was found in CZB treatment. On d5 it is quite clear that both CZB+G and SOM treatments consistantly promoted normal development as the proportions of blastocysts (CZB+G: SOM= 70%: 67%) were significantly higher ($P<0.001$) than those cultured in M16 (10%) and CZB (2%) media in which the rest of embryos were degenerating. However, of those embryos survived in M16 medium the mean cell number per blastocysts (65.4 ± 5.2) was not significantly different from those of blastocysts raised in CZB+G and SOM media (69.6 ± 2.3 and 76.3 ± 3.0, respectively) whereas the mean cell number per blastocysts from M16, CZB+G, and SOM media were significantly higher ($P<0.001$) than that from CZB treatment (40.3 ± 6.1).

CONCLUSION AND DISCUSSION

In the present study four culture media, namely M16, CZB, CZB+G and SOM were evaluated for their ability to support preimplantation growth and development of 1-cell and 2-cell mouse embryos from the blocking strain (MF1) and 1-cell embryos from the non-blocking strain (F1 hybrid). The results of these studies demonstrate that all media, including CZB which had no glucose, were equally effective in supporting the first cleavage division of mouse zygotes from both strains. It seems that zygotes from both F1 hybrid and MF1 strains can utilize lactate and pyruvate as the energy substrates for their first cleavage. However, these embryos were flushed from the oviduct between 26 and 27 h post hCG, close to the first cleavage division (onset of first cleavage occurs ~28 h post hCG; Brown, personal communication) and may, therefore, have contained sufficient endogenous energy to cleave without the need for additional exogenous substrates. In addition, the presence of glucose in the medium had no deleterious effect on the development of the zygote to 2-cell stage. However, when 1-cell embryos were further grown in the absence of glucose (CZB medium, Tables 2 and 4) their development was inhibited. Results show that

Table 4. Culture of 1-cell embryos from MF1 mice in various media for 5 days.

Medium	% 2C	No. (%) of embryos on d4					No. (%) of embryos on d5					No. B	No. cells/B
	on d2	2C	3-8C	CM	B	Abn	2C	3-8C	CM	B	Abn		Mean+SEM
M16	93	20	53	66	0	21	14	27	7	162^{cz}	96	11	65.4 ± 5.2^{x}
		(13)	(33)	(41)	(0)	(13)	(9)	(17)	(4)	(10)	(60)		
CZB	90	2	0	51	2	107	1	1	0	3^{2fl}	157	3	40.3 ± 6.1^{3xz}
		(1)	(0)	(32)	(1)	(66)	(1)	(1)	(0)	(2)	(96)		
CZB+G	90	4	5	128	9	16	2	0	3	113^{cf}	44	30	69.6 ± 2.3^{z}
		(2)	(3)	(79)	(6)	(10)	(1)	(0)	(2)	(70)	(27)		
SOM	90	5	3	120	15	19	3	1	16	109^{iz}	33	30	76.3 ± 3.0^{3}
		(3)	(2)	(74)	(9)	(12)	(2)	(1)	(10)	(67)	(20)		

Abbreviations are as in Table 2.

Same letters and numbers in the same column are significantly different from each other at P<0.05 (x), P<0.01 (2), P<0.001 (3,c,f,i,z). No. of total 1-cell embyros studied were 160-162 embryos.

embryos from the blocking strain were more sensitive than those from the non-blocking strain with only small proportions of the former developed normally to compacted morulae on d4. On d5 nearly all embryos from both strains cultured in this medium were degenerating and of 2% (3 in 162 embryos) embryos from the blocking strain which had developed to blastocysts they seemed to be not normal with significant lower cell numbers. These results indicate that glucose is needed for at least post-compaction period of embryo development of both blocking and non-blocking mouse strains. The lack of glucose in the culture medium after 4-cell stage probably could not support normal development beyond the morula stage, a phenomenon so called 'morula stage black', leading to both fewer blastocysts and lower cell number per blastocyst. Of those morulae compacted they underwent decompacting and degenerating. However, the presence of a small amount of glucose in the medium (SOM) seems to be sufficient to promote optimal development of 1-cell embryos from both blocking and non-blocking strains. These results agree with those reported by others (21) with the production of 60% blastocysts when using the same medium and a blocking mouse strain. Biggers and colleagues have further modified SOM medium by increasing the concentration of K^+ and designated KSOM and demonstrated the dramatic improvement of preimplantation development of mouse zygotes, from a blocking strain, raised in this new medium with a higher rate of compaction (100%) and larger yield of blastocysts (88%) (27).

In the other experiment when embryos were left in the oviduct for another day before recovered on d2, at 2-cell stage, when they no longer exhibit 2-cell block, it was found that their development to blastocyst stage underwent well in M16, CZB+G, and SOM media and seemed to be fairly normal in CZB medium in the absence of glucose (see Table 3) although with a lower proportion of blastocysts and lower cell number per blastocyst in the latter. It is obvious that in the mouse embryos glucose is required for normal transition of the morula to blastocyst. It has been shown, in the non-blocking mouse strain, that exposure to medium containing glucose for the first, second or third 24 h period in culture was sufficient to support the morula-to-blastocyst transition (28). In the present paper, perhaps during another period of 24 h in the oviduct, embryos that were undergoing the first cleavage division only, had stored sufficient amount of glucose possibly by incorporating it into glycogen which they can utilize for their further development in vitro especially during the transition of the morula to blastocyst. However, the continuous presence of glucose in the medium from 1-cell stage in the blocking strain (M16, Table 4) may be the cause of the developmental block as nearly a half of embryos could not develop beyond 8-cell stage when compared to very small proportions (1-5%) of embryos cultured in 3 other media. These results agree with studies by the others (17) although they demonstrated

more pronounced effect with 86% embryos at 2-8 cell stages when using the blocking strain (CF1) and the same medium (M16).

The effect of glucose in the medium on mouse embryo development is very contrary. In the present study the inhibitory effect of glucose on preimplantation development of 1-cell embryos from the blocking mouse strain was evident. Lawitts and Biggers (29) have previously reported that glucose exerted inhibitory effect on embryo development but have later found the surprising fact that this sugar did not inhibit development (21) though using the same glucose concentration (about 5 mM) and same blocking mouse strain (CF1). Chotot and co-workers (17), also using a blocking mouse strain, have shown that the presence of glucose in CZB medium for the first 48 h of culture (1-cell to 4-cell stage) was detrimental to embryo development. The contrary results from different laboratories may be due to strain differences, uncontrolled conditions of culture medium ingredients particularly the water and also some seasonal influence on embryos. However, one possible explanation for the block of development when glucose is present to the 1-cell embryos may be that this sugar produces a Crabtree effect (30) in which respiration is suppressed and glycolysis promoted (31, 32). It seems that if glucose is available in the medium, early embryos will pursue a glycolytic mode of metabolism even though it may be their detriment *in vitro* (33).

The mammalian embryo undergoes a number of metabolic changes from the time of fertilization to implantation while travelling along the oviduct to the uterus (34). One of the most striking changes is in its energy preferences: the mouse embryo switches from a dependence on the tricarboxylic acid (TCA) cycle pre-compaction to a metabolism based on glycolysis post-compaction (35, 36). Sakkas and co-workers (37) demonstrated that in a blocking strain of mice (OF1) the oocyte required the presence of glucose in the medium during fertilization. Once the first cleavage has occurred, however, glucose is inhibitory to the cleavage during the 2- to 4-cell stage probably due to a block to glycolysis (16), but this sugar is subsequently necessary for the maintenance of viability possible in the form of glycogen. It has been shown that glycogen levels rise 10-fold between the 1- and 2-cell stages in mouse embryos cultured in the presence of 5.56 mM glucose but on the other hand glycogen levels are lowered if glucose is omitted from the medium (38). Glycogen phosphorylase activity is extremely low at the 2-cell stage, but rises 8-fold by the morula stage (39).

The beneficial effect of glutamine on preimplantation development of hamster embryos was evident (40) but in mouse embyros this is uncertain. Lawitts and Biggers (21) have cultured 1-cell embryos from a blocking mouse strain in the medium containing high concentration of NaCl and found that they did not develop normally. Addition of glutamine into this medium protected against the

inhibitory effect of this salt. They proposed that glutamine exerted protective effect against high concentrations of NaCl in the medium by acting as an organic osmolyte [see discussion in Lawitts and Biggers (21) for more detail]. However, this amino acid could affect development of mouse embryos in other ways. Glutamine is believed to exert its stimulatory effect to preimplantation development of mouse embryos by being used as the energy substrate in addition to using pyruvate and lactate (17, 19). It is possible that blocking mouse embryos have ability to metabolize pyruvate and lactate but may not generate sufficient energy in this way to develop in vitro. This additional energy may be enough to allow the embryos to develop through a critical period when lactate and pyruvate do not supply sufficient energy. The primary influence of glutamine is exerted during the first 48 h of culture as it is accumulated by 1-, 2- and 8-cell and blastocyst stages of mouse embryos (19, 41). It then is used as an energy substrate for the generation of CO_2 through the TCA cycle by all stages of preimplantaion mouse embryos (19).

Previous studies (10, 42) have reported the advantage of adding EDTA into the medium which substantially improved development of 1-cell mouse embryos. The benificial effect of EDTA may be explained by acting as a chelating agent. One of the environmental differences between in vitro and in vivo conditions for embryo growth is a higher oxygen tension in the in vitro atmosphere than in the oviduct. Reducing oxygen tension to 5% results in a higher blastulation rate with mouse zygotes (13). Active oxygen which is formed when molecular oxygen is utilized as an electron acceptor during oxidoreductive reactions in the cells. Superoxide anion formed in the cell is a major species of active oxygen. Ferric ions catalyse the formation of oxygen radicals such as superoxide anions (43). Free Fe ions are chelated by addition of EDTA to the culture medium, which prevents their incorporation into the embryos, then protects catalytic effect of ferric ions and superoxide anion is not formed (44). EDTA, therefore, prevents developmental block of mouse embryos.

We concluded that, of four media tested, M16 was most suitable for development of 1-cell mouse embryos from the non-blocking strain and also of 2-cell embryos from the blocking strain to the blastocyst stage. These embryos probably require only pyruvate, lactate and glucose but not other supplementary amino acid such as glutamine for energy substrates. For 1-cell embryos from the blocking strain, results indicated that CZB+G and SOM were more effective and the early presence of glucose (as in M16 medium) was detrimental to their pre-compaction development though was essential for post-compaction period when transition of morulae to blastocysts occurred. The medium without glucose (CZB medium) failed to support development to the blastocyst stage although promoted pre-compaction development. However, this conclusion was based on examination of morphological feature of the embyros, therefore, the final conclusion could be drawn when viability of normal looking embryos

raised in these media was assessed by transferring to appropriate foster mothers.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to thank the British Council and Medical Research Council, Experimental Embryology and Teratology Unit, St George's Hospital Medical School, London, U.K. for support of this work and also Dr. John Carrol for technical assistance.

REFERENCES

1) Whitten, W.K. and Biggers, J.D. (1968). Complete development of the preimplantation stages of the mouse in a simple chemically defined medium. *J. Reprod. Fert.* 17: 399-401.

2) Biggers, J.D., Whitten, W.K. and Whittingham, D.G. (1971). The culture of mouse embryos *in vitro*. In: Daniel, J.C. (ed.), *Methods in Mammalian Embryology*. San Francisco: Freeman, pp. 86-116.

3) Bowman, P. and McLaren, A. (1970). Cleavage rate of mouse embryos *in vivo* and *in vitro*. *J. Embryol. Exp. Morphol.* 24: 203-207.

4) Harlow, G.M. and Quinn, P. (1982). Development of preimplantation mouse embryos *in vivo* and *in vitro*. *Aust. J. Biol. Sci.* 35: 187-193.

5) McLaren, A. (1981). Analysis of maternal effects on development in mammal. *J. Reprod. Fert.* 62: 591-596.

6) Goddard, M.J. and Pratt, H.P.M. (1983). Control of events during early cleavage of the mouse embryos: an analysis of the 2-cell block. *J. Embryol. Exp. Morphol.* 73: 111-133.

7) Whittingham, D.G. and Biggers, J.D. (1967). Fallopian tube and early cleavage in the mouse. *Nature (Lond.)* 213: 942-943.

8) Muggleton-Harris, A., Whittingham, D.G. and Wilson, L. (1982). Cytoplasmic control of preimplantation development *in vitro* in the mouse. *Nature (Lond.)* 229: 460-462.

9) Pratt, H.P.M. and Muggleton-Harris, A.L. (1988). Cycling cytoplasmic factors that promote mitosis in the cultured 2-cell mouse embryo. *Development* 104: 115-120.

10) Abramczuk, J., Solter, D. and Koproski, H. (1977). The beneficial effect of EDTA on development of mouse one-cell embryos in chemically defined medium. Dev. Biol. 61: 378-383.

11) Biggers, J.D., Whittingham, D.G. and Donahue, R.P. (1967). The pattern of energy metabolism in the mouse oocyte and zygote. *Proc. Nat. Acad. Sci.* U.S.A. 71: 1056-1060.

12) Cross, P.C. and Brinster, R.L. (1973). The sensitivity of one-cell mouse embryos to pyruvate and lactate. *Exp. Cell Res.* 77: 57-62.

13) Quinn, P. and Harlow, G.M. (1978). The effect of oxygen on the development of preimplantation mouse *embryos in vitro. J. Exp. Zool.* 206: 73-80.

14) Whittingham, D.G. (1971). Culture of mouse ova. *J. Reprod. Fert. (Suppl.)* 14: 7-21.

15) Brown, J.J.G. and Whittingham, D.G. (1992). The dynamic position of different energy substrates improves development of one-cell random-bred mouse embryos *in vitro. J. Reprod. Fert.* 95: 503-511.

16) Barbehenn, E.K., Wales, R.G. and Lowry, O.H. (1974). The explanation for the blockade of glycolysis in early mouse embryos. *Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A.* 58: 560-567.

17) Chatot, C.L., Ziomek, C.A., Bavister, B.D., Lewis, J.I. and Torres, I. (1989). An improved culture medium supports development of random-bred 1-cell mouse embryos *in vitro. J. Reprod. Fert.* 86: 679-688.

18) Chatot, C.L., Lewis, J.I., Torres, I. and Ziomek, C.A., (1990). Development of 1-cell embryo from different strains of mice in CZB medium. *Biol. Reprod.* 42: 432-440.

19) Chatot, C.L., Tasca, R.J. and Ziomek, C.A., (1990). Glutamine uptake and utilization by preimplantation mouse embryos in CZB medium. *J. Reprod. Fert.* 89: 335-346.

20) Down, S.M. and Dow, M.P.D. (1991). Hypoxanthine-maintained two-cell block in mouse embryos: dependence on glucose and effect of hypoxanthine phosphoribosyltransferase inhibitors. *Biol. Reprod.* 44: 1025-1039.

21) Lawitts, J.A. and Biggers, J.D. (1992). Joint effects of sodium chloride, glutamine, and glucose in mouse preimplantation embryo culture media. *Mol. Reprod. Dev.* 31: 189-194.

22) Biggers, J.D. (1971). New observations on the nutrition of the mammalian oocytes and the preimplantation embryo. In: Blandau, R.J. (ed.), *Blastocyst Biology*. Chicago: Chicago University Press, pp. 319-327.

23) Robl, J.M., Lohse-Heideman, J.K. and First, N.L. (1988). Strain differences in early mouse embryo development *in vitro*: role of the nucleus. *J. Exp. Zool.* 247: 251-256.

24) Fulton, B.F. and Whittingham, D.G. (1978). Activation of mammalian oocytes by intracellular injection of calcium. *Nature* 273: 149-151.

25) Lawitts, J.A. and Biggers, J.D. (1991). Optimization of mouse embryo culture medium using simplex methods. *J. Reprod. Fert.* 91: 543-556.

26) Fisher, R.A. and Yates, F. (1963). *Statistical Table for Biological, Agricultural and Medical Research.* New York: Hafner.

27) Erbach, G.T., Lawitts, J.A., Papaioannou, V.E. and Biggers, J.D. (1994). Differential growth of the mouse preimplantation embryo in chemically defined media. *Biol. Reprod.* 50: 1027-1033.

28) Brown, J.J.G. and Whittingham, D.G. (1991). The roles of pyruvate, lactate and glucose during preimplantation development of embryos from F1 hybrid mice *in vitro. Development* 112: 99-105.

29) Lawitts, J.A. and Biggers, J.D. (1991). Overcoming the 2-cell block by modifying standard components in a mouse embryo culture medium. *Biol. Reprod.* 45: 245-251.

30) Koobs, D.H. (1972). Phosphate mediation of the crabtree and pasteur effects. *Science* 178: 127-133.

31) Schini, S.A. and Bavister, B.D. (1989). Two-cell block to development of cultured hamster embryos is caused by phosphate and glucose. *Biol. Reprod.* 84: 197-204.

32) Seshagiri, P.B. and Bavister, B.D. (1989). Glucose inhibits development of hamster 8-cell embryos *in vitro. Biol. Reprod.* 40: 599-606.

33) Leese, H.J. (1990). Energy metabolism of the preimplantation embryo. In: Heyner, S. & Wiley, L. (eds.) *Early Embryo Development and Paracrine Relationship.* New York: Alan R. Liss Inc., pp. 67-78.

34) Gardner, D.K. and Leese, H.J. (1990). Concentrations of nutrients in mouse oviduct fluid and their effects on embryo development and metabolism *in vitro. J. Reprod. Fert.* 88: 361-365.

35) Brinster, R.L. (1969). Mammalian embryo culture. In: Hafez, E.S.E. & Blandau, R.J. (eds), *The Mammalain Oviduct.* Chicago: University Chicago Press, pp. 419-444.

36) Gardner, D.K. and Leese, H.J. (1986). Non-invasive measurement of nutrient uptake by single cultured preimplantation mouse embryos. *Human Reprod.* 1: 25-27.

37) Sakkas, D., Urner, F., Menezo, Y. and Leppens, G. (1993). Effects of glucose and fructose on fertilization, cleavage, and viability of mouse embryos *in vitro. Biol. Reprod.* 49: 1288-1292.

38) Ozias, C.B. and Stern, S. (1973). Glycogen levels of preimplantation mouse embryos developing *in vitro. Biol. Reprod.* 8: 467-479.

39) Hsieh, B., Chi, M-Y., Knor, J. and Lowry, O.H. (1979). Enzymes of glycogen metabolism and related metabolites in preimplantation mouse embryos. *Dev. Biol.* 72: 342-349.

40) Carney, E.W. and Bavister, B.D. (1987). Stimulatory and inhibitory effects of amino acids on development of hamster eight-cell embryos *in vitro. J. In Vitro Fert. Embryo Transfer* 4: 162-167.

41) Brinster, R.L. (1971). Uptake and incorporation of amino acids by the preimplantation mouse embryo. *J. Reprod. Fert.* 27: 329-338.

42) Toyoda, Y., Azuma, S. and Takeda, S. (1989). Effects of chelating agents on preimplantation development of mouse embryos fertilized in vitro. In: Yoshlnaga, K. and Mori, T. (eds.) Development of *Preimplantation Embryos and Their Environment.* New York: Alan R. Liss, Inc., pp. 171-179.

43) Gutteridge, J.M.C. (1982). The role of superoxide and hydroxyl radicals in phospholipid peroxidation catalysed by iron salt. *FEBS Lett.* 150: 454-458.

44) Noda, Y., Matsumoto, H., Umaoka, Y. Tatsumi, K., Kishi, J. and Mori, T. (1991). Involvement of superoxide radicals in the mouse two-cell block. *Mol. Reprod. Dev.* 28: 356-360.

ว.วิทย มข. 23(3) : 143-161 (2538)

การเตรียมแผ่นกรองแสง เพื่อใช้ในการสังเกตการณ์สุริยุปราคา 24 ตุลาคม 2538

*นิพนธ์ กสิพร้อง**

บทคัดย่อ

ได้ทำการศึกษาการส่องผ่านของแสงผ่านแผ่นกรองแสงชนิดต่าง ๆ โดยแบ่งแผ่นกรองแสงออกเป็น 3 กลุ่ม คือ 1.) แผ่นกรองแสงธรรมดาที่ภาควิชาฟิสิกส์มีอยู่ 2.) แผ่นกรองแสงที่ประดิษฐ์ขึ้นจากฟิล์มขาวดำและกระจกใสรมควันเทียน 3.) แผ่นกรองแสงสำหรับดูดวงอาทิตย์ที่บริษัทผลิตจำหน่าย โดยทำการวัดเปอร์เซ็นต์การส่องผ่านของแสงในช่วงความยาวคลื่น 200 นาโนเมตร ถึง 1100 นาโนเมตร และในช่วง 2.5 ไมโครเมตร ถึง 50 ไมโครเมตร โดยใช้เครื่อง Spectrophotometer รุ่น UV-160A ของบริษัท Shimadsu และรุ่น PU9712 ของบริษัท Philips ตามลำดับ โดยแสดงผลการวัดในรูปของกราฟระหว่างเปอร์เซ็นต์การส่องผ่านของแสงกับความยาวคลื่นแสง พบว่าแผ่นกรองแสงในกลุ่มที่ 1 ใช้ในการสังเกตการณ์สุริยุปราคาไม่ได้ ส่วนแผ่นกรองแสงในกลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 สามารถใช้ในการสังเกตการณ์สุริยุปราคาได้

Abstract

Three different groups of light filter were studied by measuring the transmittance in the region of 200-1000 nm and 2.5 - 50 μm using Shimadsu spectrophotometer Model UV-160A and Philips infrared spectrophotometer Model PU 9712 respectively. The plots of transmittance versus wavelength indicate that only the filter of the first group cannot use for the solar eclipse observation.

บทนำ

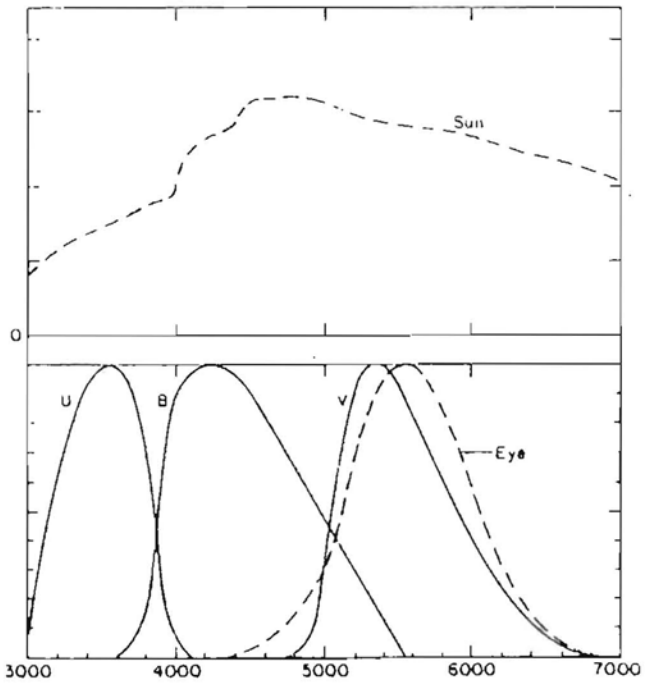
ปรากฏการณ์สุริยุปราคามืดเต็มดวง ซึ่งจะเกิดขึ้นในวันอังคารที่ 24 ตุลาคม 2538 เงามืดของสุริยุปราคาจะพาดผ่าน 11 จังหวัดของประเทศไทย ตามที่ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ได้นำเสนอข้อมูลผลการคำนวณการเกิดสุริยุปราคามืดเต็มดวง 24 ตุลาคม 2538[1] ในวารสารวิทยาศาสตร์ มข. , วารสารของสมาคมดาราศาสตร์, วารสารของท้องฟ้าจำลอง และมีการนำออกเผยแพร่ผ่านสื่อต่าง ๆ ดังที่ได้ทราบกันแล้ว

ในการเตรียมการเพื่อทำการศึกษาและสังเกตการณ์การเกิดสุริยุปราคาในครั้งนี้ ภาควิชาฟิสิกส์ได้ดำเนินการจัดเตรียมอุปกรณ์แลเครื่องมือ

*ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002 ประเทศไทย

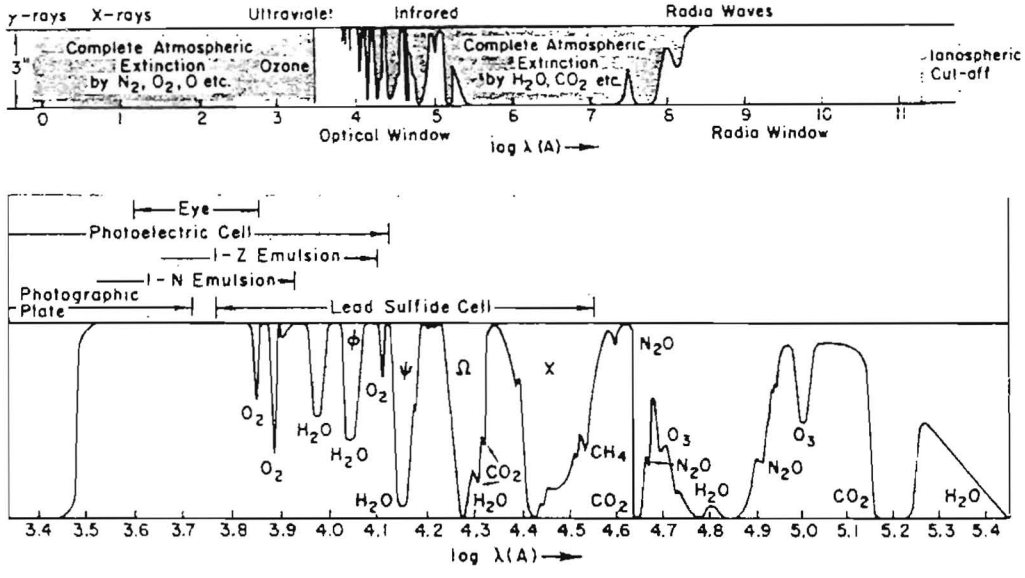
หลายอย่าง ในอุปกรณ์เหล่านี้ อุปกรณ์ชิ้นหนึ่งซึ่งมีความสำคัญและจำเป็นต้องใช้ในการสังเกตการณ์สุริยุปราคา คือแผ่นกรองแสง ดังนั้นภาควิชาฟิสิกส์จึงได้ทำการศึกษาและจัดเตรียมแผ่นกรองแสงเพื่อไว้ใช้ในการนี้ โดยแบ่งแผ่นกรองแสงที่จะศึกษาออกเป็น 3 กลุ่ม คือ 1.) แผ่นกรองแสงธรรมดาที่ภาควิชาฯ มีอยู่ 2.) แผ่นกรองแสงที่ประดิษฐ์ขึ้นจากฟิล์มขาวดำชนิดต่าง ๆ และจากแผ่นกระจกใสรมควันเทียนจนดำ และ 3.) แผ่นกรองแสงที่บริษัทต่าง ๆ ผลิตขึ้นจำหน่าย

เหตุผลประการสำคัญที่จำเป็นต้องใช้แผ่นกรองแสงในการสังเกตดวงอาทิตย์ เพราะว่าดวงอาทิตย์มีอุณหภูมิที่ผิวสูงมากประมาณ 5800 องศาเคลวิน พลังงานทั้งหมดที่ส่งออกมาจากดวงอาทิตย์ส่งมาถึงโลกของเราในรูปของการแผ่รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยมีกำลังงานเท่ากับ 3.90×10^{33} เอิร์กต่อวินาที โดยมีสเปคตรัมของการแผ่รังสีเปรียบเทียบกับการตอบสนองของตามนุษย์และแผ่นกรองแสงของระบบ UBV โฟโตเมตรี (หรือ Johnson Morgan three-color system) ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1[2] ก) สเปคตรัมของดวงอาทิตย์
ข) การตอบสนองความถี่ของตามนุษย์และแผ่นกรองแสงระบบ UBV โฟโตเมตรี

เมื่อรังสีจากดวงอาทิตย์มาถึงชั้นบรรยากาศของโลก อะตอมของกาซในบรรยากาศจะดูดกลืนพลังงานบางช่วงความยาวคลื่นไว้ และยอมให้รังสีช่วงแสงที่ตามองเห็น และช่วงคลื่นวิทยุทะลุผ่านมาได้มาก ในขณะที่รังสีช่วงความยาวคลื่นอื่นจะผ่านได้น้อยมาก ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ก) สเปคตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากดวงอาทิตย์ทะลุผ่านชั้นบรรยากาศถึงผิวโลกได้มาก 2 ช่วง คือ ช่วงแสงที่ตามองเห็นได้ และช่วงคลื่นวิทยุ

ข) ภาพขยายของรูป ก.ในช่วงความยาวคลื่นย่านอินฟราเรด 0.2 μm ถึง 25 μm แสดงการดูดกลืนแสงของโมเลกุลของไอน้ำและแกสต่าง ๆ [2]

ถึงแม้ว่าพลังงานแสงจากดวงอาทิตย์ส่วนใหญ่จะถูกดูดกลืนด้วยบรรยากาศโลก พลังงานแสงจากดวงอาทิตย์ก็ยังมีค่ามากเกินกว่าที่จะมองดวงอาทิตย์ด้วยตาเปล่าได้ ดังนั้นในการดูดวงอาทิตย์หรือถ่ายภาพจากดวงอาทิตย์จึงจำเป็นต้องใช้แผ่นกรองแสง ยิ่งถ้าใช้กล้องถ่ายรูปหรือกล้องส่องทางไกล ซึ่งมีเลนส์รวมแสงส่องดูโดยไม่มีแผ่นกรองแสงที่เหมาะสมติดที่หน้ากล้องแล้วจะทำให้ผู้ดูตาบอดได้

แผ่นกรองแสงเป็นอุปกรณ์ทางแสงที่ยอมให้แสงเฉพาะบางช่วงความยาวคลื่นผ่านได้ในปริมาณที่ต้องการ แผ่นกรองแสงก็มักมีใช้ในงานทางด้านโฟโตเมตรี และการถ่ายภาพเป็นส่วนใหญ่ แต่แผ่นกรองแสงที่ใช้กับการดูดวงอาทิตย์ จะต้องยอมให้แสงผ่านได้น้อยมาก และจะต้องป้องกันไม่ให้รังสีที่ตามองไม่เห็นผ่านเข้ามาทำให้เกิดอันตรายต่อตาด้วย

ดังนั้น การเตรียมแผ่นกรองแสงไว้ใช้โดยอาศัยข้อมูลการส่องผ่านของแสงในย่านความยาวคลื่นต่าง ๆ และจะเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่ต้องการทำการสังเกตการณ์สุริยุปราคาระหว่างที่ยังไม่มืดหมดดวง

วิธีการศึกษา

แผ่นกรองแสงที่ใช้ในการศึกษานี้แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ 1.) แผ่นกรองแสงธรรมดาที่ภาควิชาฯ มีอยู่ 2.) แผ่นกรองแสงที่ประดิษฐ์ขึ้นจากฟิล์มขาวดำชนิดต่าง ๆ และจากแผ่นกระจกใสรมควันเทียนจนดำและ 3.) แผ่นกรองแสงที่บริษัทต่าง ๆ ผลิตขึ้นจำหน่าย นำไปวัดหาเปอร์เซ็นต์ของปริมาณแสงในช่วงคลื่นต่าง ๆ ที่สามารถส่องผ่านแผ่นกรองแสงแต่ละอัน เทียบกับปริมาณแสงที่ตกกระทบ โดยทำการศึกษาตั้งแต่ช่วงอุลตราไวโอเลตแสงที่ตามองเห็น จนถึงช่วงอินฟราเรด ตั้งแต่ความยาวคลื่น 200 นาโนเมตร จนถึง 1,100 นาโนเมตร (หรือ 2,000 อังสตรอม ถึง 11,000 อังสตรอม) โดยใช้เครื่อง Spectrophotometer ยี่ห้อ SHIMADSU UV-VIS รุ่น UV-160A และทำการศึกษาการส่องผ่านของแสงอินฟราเรดตั้งแต่ความยาวคลื่น 2.5 ไมโครเมตร ถึง 50 ไมโครเมตร โดยใช้เครื่อง Infrared Spectrophotometer ยี่ห้อ PHILIPS รุ่น PU9712

สำหรับแผ่นกรองแสงที่ทำขึ้นเองนั้น ทำโดยใช้ฟิล์มขาวดำชนิดต่าง ๆ โดยมีวิธีทำดังนี้ คือ นำฟิล์มขาวดำดึงออกจากกล้กฟิล์มกลางแสงแดด ให้แสงฉายลงบนฟิล์มจนเนื้อฟิล์มทำปฏิกิริยากับแสงจนอิ่มตัวคือ ดึงฟิล์มออกกลางแสงแดดไม่ต่ำกว่า 30 วินาที แล้วนำฟิล์มไปล้างตามปกติ (อาจจะจ้างร้านถ่ายรูปล้างให้ก็ได้) แต่ในการศึกษาครั้งนี้ล้างฟิล์มด้วยน้ำยา TMAX ของโกดัก (หาซื้อได้ตามร้านถ่ายรูปทั่วไป) ซึ่งเป็นน้ำยาเหลวนำมาผสมในอัตราส่วนน้ำยา TMAX 1 ส่วน ต่อน้ำ 4 ส่วน ล้างนาน 6.5 นาที ที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส หรือ 7 นาทีที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส แล้วล้างด้วยน้ำสะอาดที่อุณหภูมิเดียวกันนาน 1 นาที แล้วจึงใช้น้ำยาฟิกเซอร์ T fixer ของโกดักผสมน้ำในอัตราส่วนน้ำยา T fixer 1 ส่วนต่อน้ำ 3 ส่วน ล้างต่อจากการล้างน้ำนาน 10 นาทีที่อุณหภูมิเดียวกัน แล้วจึงนำไปแช่น้ำ ปล่อยให้น้ำไหลผ่านเบา ๆ 15 นาที นำขึ้นผึ่งลมให้แห้ง ก็จะได้ฟิล์มดำ นำฟิล์มดำ 1 แผ่นใส่กรอบสไลด์นำไปใช้เป็นแผ่นกรองแสงดูดวงอาทิตย์

ผลการศึกษา

ผลการศึกษาทั้งหมดแสดงด้วยกราฟ โดยแกนตั้งแสดงค่าเปอร์เซ็นต์ของแสงที่ส่องผ่านแผ่นกรองแสง และแกนนอนแสดงความยาวคลื่นในหน่วยนาโนเมตร โดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มดังนี้

กราฟในกลุ่มอ้างอิง (แสดงในรูปที่ 3)

กราฟใน REF:1 เมื่อไม่มีแผ่นกรองแสงใช้ในการทำ baseline correction ของเครื่อง UV-VIS spectrophotometer โดยถือว่าแสงที่ผ่านอากาศเข้ามาให้มีค่าเป็น 100%

กราฟใน REF:IR1 เป็นกราฟของ Polystyrene ใช้ในการปรับเครื่อง IR-spectrophotometer

กราฟในกลุ่มที่ 1 (แสดงในรูปที่ 4)

REF:2 และ REF:IR2 แผ่นกรองแสงอุลตราไวโอเลต แบบพลาสติกของ tektronix ในสเกล 100%

REF:3 และ REF:IR3 แผ่นกรองแสงสีน้ำเงิน แบบพลาสติกของ tektronix ในสเกล 100%

REF:4.1 และ REF:IR4.1 แผ่นกรองแสงสีเขียว แบบกระจก ในสเกล 100%

REF:4.2 และ REF:IR4.2 แผ่นกรองแสงสีเขียว แบบพลาสติกของ tektronix ในสเกล 100%

REF:5 และ REF:IR5 แผ่นกรองแสงสีส้ม แบบพลาสติกของ tektronix ในสเกล 100%

REF:6 และ REF:IR6 แผ่นกรองแสงสีแดง แบบกระจก ในสเกล 100%

จากผลการศึกษานี้พบว่าแผ่นกรองแสงในกลุ่มนี้ไม่สามารถนำมาส่องดูดวงอาทิตย์โดยตรงได้ แต่สามารถใช้ประกอบกับแผ่นกรองแสงอื่นในการถ่ายภาพได้

กราฟในกลุ่มที่ 2 (แสดงในรูปที่ 5)

REF:7.1, REF:7.2 และ REF:IR7 เป็นแผ่นกรองแสงที่ทำจากฟิล์มเอกซ์เรย์ในสเกล T% 100%, 1% และ 100% ตามลำดับ

REF:8.1, REF:8.2 และ REF:IR8 เป็นแผ่นกรองแสงที่ทำจากฟิล์ม Kodak TMAX, ASA 100 ในสเกล T% 100%, 1% และ 100% ตามลำดับ

REF:9.1, REF:9.2 และ REF:IR9 เป็นแผ่นกรองแสงที่ทำจากฟิล์ม Sanghai DP3, ASA100 ในสเกล T% 100%, 1% และ 100% ตามลำดับ

REF:10.1, REF:10.2 และ REF:IR10 เป็นแผ่นกรองแสงที่ทำจากฟิล์ม Kodak Plus-x pan, ASA100 ในสเกล T% 100%, 1% และ 100% ตามลำดับ

REF:11.1, REF:11.2 และ REF:IR11 เป็นแผ่นกรองแสงที่ทำจากฟิล์ม Fuji Neopan, ASA100 ในสเกล T% 100%, 1% และ 100% ตามลำดับ

REF:12.1, REF:12.2 และ REF:IR12 เป็นแผ่นกรองแสงที่ทำจากฟิล์ม Fomapan, ASA100 ในสเกล T% 100%, 1% และ 100% ตามลำดับ

REF:13.1, REF:13.2 และ REF:IR13 เป็นแผ่นกรองแสงที่ทำจากฟิล์ม Kodak Verichrome, ASA125 ในสเกล T% 100%, 1% และ 100% ตามลำดับ

REF:14.1, REF:14.2 และ REF:IR14 เป็นแผ่นกรองแสงที่ทำจากฟิล์ม Kodak TMAX, ASA400 ในสเกล T% 100%, 1% และ 100% ตามลำดับ

REF:15.1, REF:15.2 และ REF:IR15 เป็นแผ่นกรองแสงที่ทำจากกระจกใสรมควันเทียนหนาในสเกล T% 100%, 1% และ 100% ตามลำดับ

จากผลการศึกษานี้พบว่าแผ่นกรองแสงในกลุ่มนี้สามารถใช้ดูดวงอาทิตย์ได้ ชนิดที่ดีที่สุดคือแผ่นกรองแสงที่ทำจากฟิล์มเอกซ์เรย์ รองลงมาคือฟิล์ม TMAX, ASA400 และ TMAX, ASA100 ตามลำดับ ส่วนกระจกใสรมควันเทียนก็สามารถใช้ดูดวงอาทิตย์ได้แต่ไม่ควรดูนาน เพราะจากกราฟ REF:IR15 พบว่ารังสีอินฟราเรดในช่วงความยาวคลื่น 2.9 ไมโครเมตร ถึง 5 ไมโครเมตร สามารถส่องผ่านได้เกือบ 10%

กราฟในกลุ่มที่ 3 (แสดงในรูปที่ 6)

REF:16.1, REF:16.2 และ REF:IR16 เป็นแผ่นกรองแสงอาทิตย์แบบไมลาร์ของบริษัท Celestron ในสเกล 100%, 1% และ 100% ตามลำดับ

REF:17.1, REF:17.2 และ REF:IR17.1 เป็นแผ่นกรองแสงที่ทำเป็นแว่นสำหรับดูดวงอาทิตย์โดยบริษัทอิคลิปส์ ร่วมกับท้องฟ้าจำลองจัดจำหน่ายในสเกล 100%, 1% และ 100% ตามลำดับ

REF:17.3, REF:17.4 และ REF:IR17.2 เป็นแผ่นฟิล์มชิ้นนอกของแว่นจากบริษัท อิคลิปส์ ในสเกล 100%, 1% และ 100% ตามลำดับ

REF:17.5, REF:17.6 และ REF:IR17.3 เป็นแผ่นฟิล์มชิ้นในของแว่น ในสเกล 100%, 1% และ 100% ตามลำดับ

REF:18.1, REF:18.2, REF:18.3 และ REF:IR18.1 เป็นของแผ่นกรองแสงไฮโดรเจนอัลฟ่าโพรมิเนนส์ที่ความยาวคลื่น 6563 อังสตรอม จากบริษัท THOUSAND OAKS OPTICAL ในสเกล 100%, 1%, 3% และ 100% ตามลำดับ

REF:18.4 และ REF:IR18.2 เป็นแผ่นกรองแสงไฮโดรเจนอัลฟ่าปรีฟิลเตอร์ ในสเกล 10% และ 100% ตามลำดับ

จากผลการศึกษานี้พบว่าแผ่นกรองแสงในกลุ่มที่ 3 นี้ เป็นแผ่นกรองแสงที่ผู้ผลิตตั้งใจสร้างขึ้นสำหรับดูดวงอาทิตย์เท่านั้น จึงสามารถใช้ในการสังเกตการณ์สุริยุปราคาได้ สำหรับไฮโดรเจนอัลฟ่าโพรมิเนนส์ฟิลเตอร์จะต้องใช้คู่กับไฮโดรเจนอัลฟ่าปรีฟิลเตอร์ จึงจะได้แสงของไฮโดรเจนอัลฟ่าที่ความยาวคลื่น 696.3 นาโนเมตรผ่านฟิลเตอร์ในการสังเกตการณ์โพรมิเนนส์ของดวงอาทิตย์

สรุป

จากข้อมูลการวัดเปอร์เซ็นต์การส่องผ่านของแสงช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ จากช่วงความยาวคลื่น 200 นาโนเมตรถึง 1,100 นาโนเมตร และจาก 2.5 ไมโครเมตร ถึง 50 ไมโครเมตร พบว่าแผ่นกรองแสงในกลุ่มที่ 1 ไม่สามารถใช้ในการสังเกตการณ์สุริยุปราคาได้ ส่วนแผ่นกรองแสงในกลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 สามารถใช้ในการสังเกตการณ์สุริยุปราคาได้ และแผ่นกรองแสงในกลุ่มที่ 2 ผู้ที่สนใจสามารถทำขึ้นใช้เองได้จากฟิล์มขาวดำ โดยฟิล์มเอกซ์เรย์และฟิล์ม TMAX ของโกดัก จะใช้ได้ดีเพราะเป็นฟิล์มที่มีเนื้อหนา ทั้งยังหาซื้อได้ง่าย ส่วนฟิล์มอื่น ๆ และกระจกใสรมควันเทียนนั้นยอมให้รังสีอินฟราเรดที่ความยาวคลื่น 30 ไมโครเมตร ถึง 50 ไมโครเมตร ซึ่งเป็นรังสีความร้อนผ่านได้มากอาจถึง 10 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการนำไปใช้จึงควรระมัดระวัง อย่าใช้ส่องดูเป็นเวลานาน

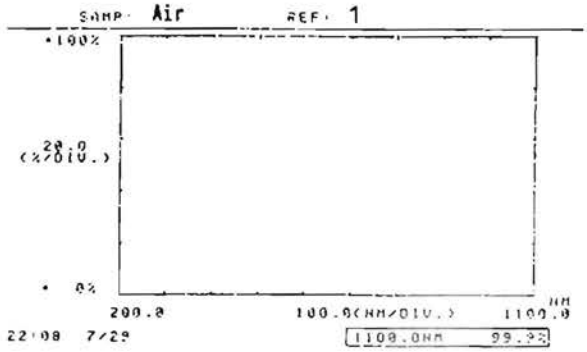
สำหรับแผ่นกรองแสงในกลุ่มที่ 3 สามารถใช้ในการสังเกตการณ์สุริยุปราคาได้ดีมาก เพราะสร้างขึ้นเพื่อการสังเกตการณ์ดวงอาทิตย์โดยตรง แต่มีราคาแพงมาก เช่น แผ่นกรองแสงไมลาร์ราคาจะสูงกว่าหนึ่งพันบาทขึ้นไปแล้วแต่ขนาด ส่วนแผ่นกรองแสงไฮโดรเจนอัลฟ่ามีราคาสูงกว่าสามหมื่นบาท

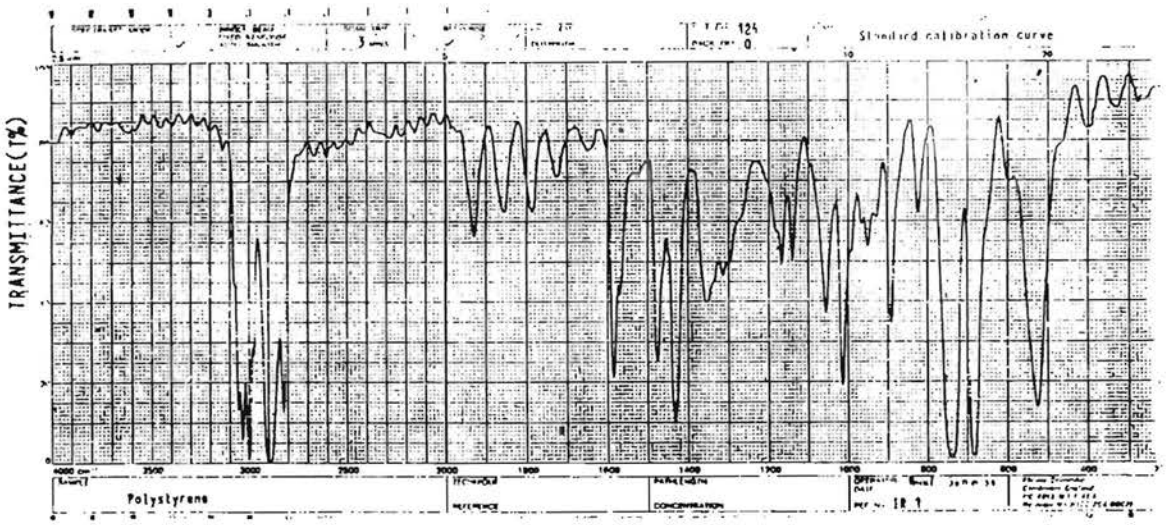
ดังนั้นการศึกษาแผ่นกรองแสงชนิดต่าง ๆ ที่ได้ทำขึ้นจึงเป็นการศึกษาหาข้อมูลเพื่อประกอบการพิจารณาเลือกใช้แผ่นกรองแสงในการสังเกต-การณ์สุริยุปราคาได้อย่างเหมาะสมต่อไป

เอกสารอ้างอิง

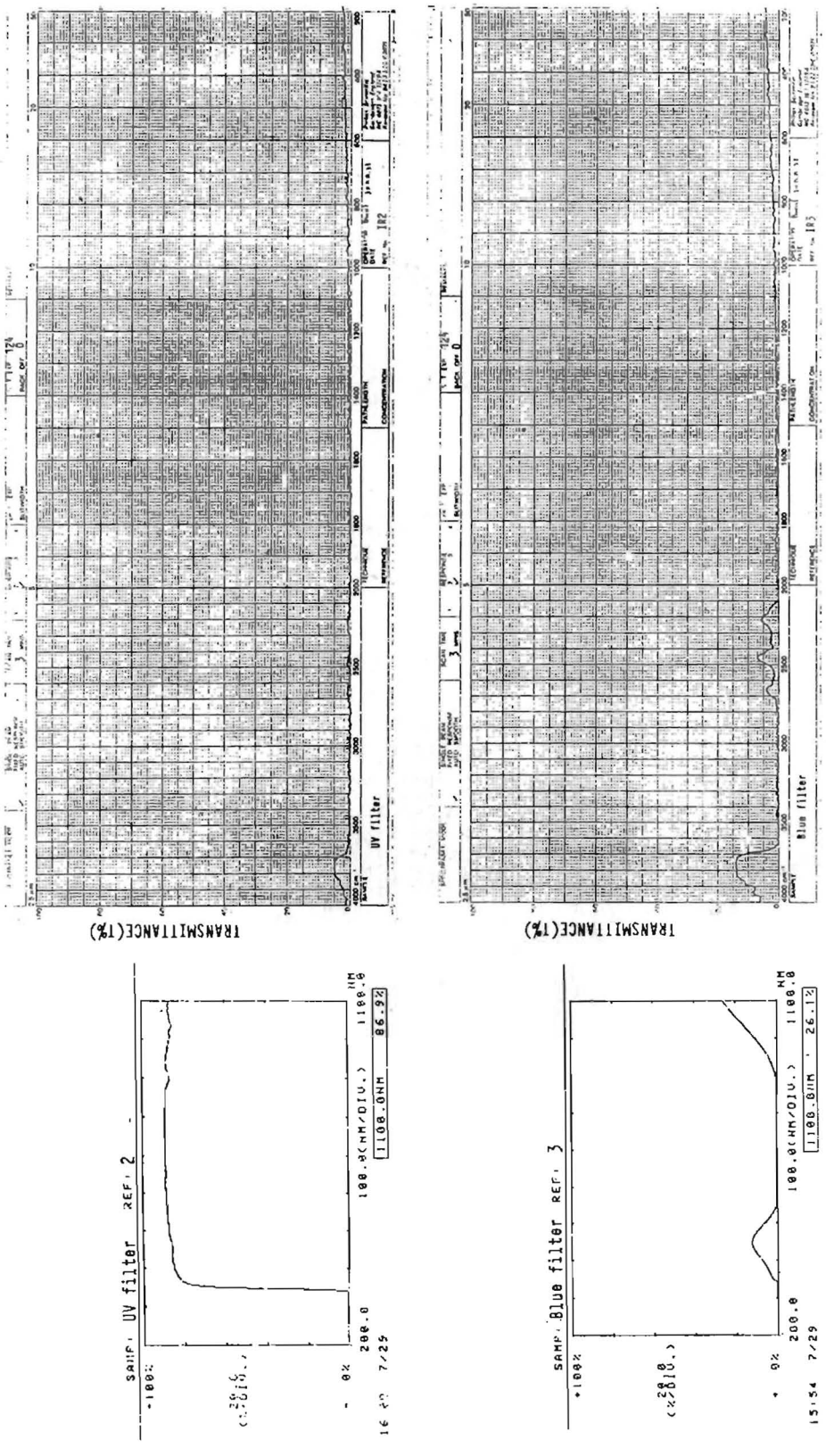
ขาว เหมือนวงศ์. (2537). การเกิดสุริยุปราคามืดเต็มดวง 24 ตุลาคม 2538. **วิทยาศาสตร์ มข.** 20-22(3) : 272-299.

ALLER, L.H. (1963). **Astro Physics,** New York : The Ronald Press Company.

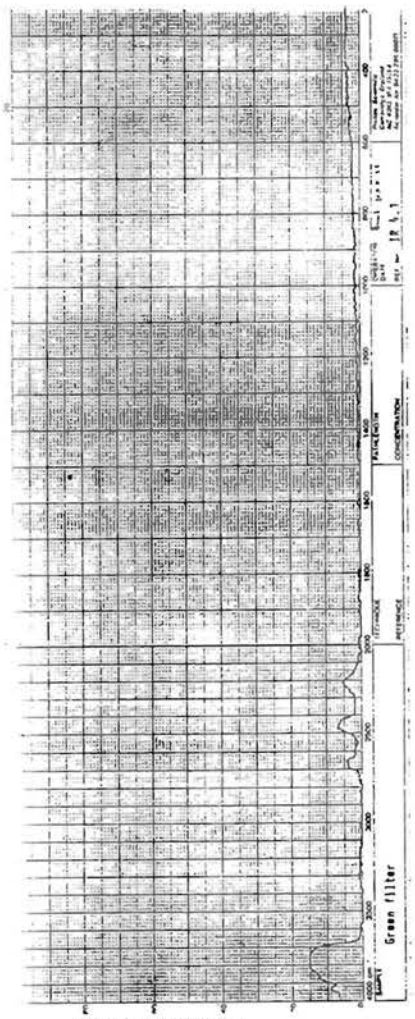


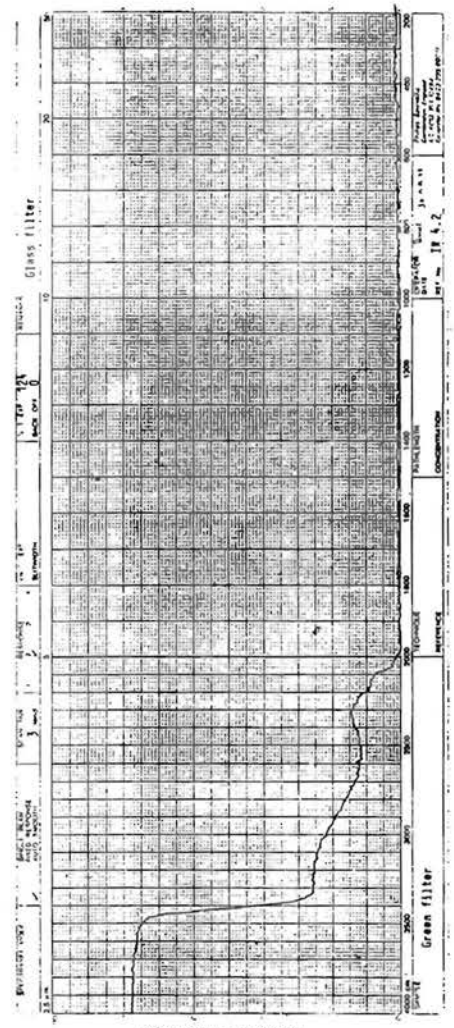


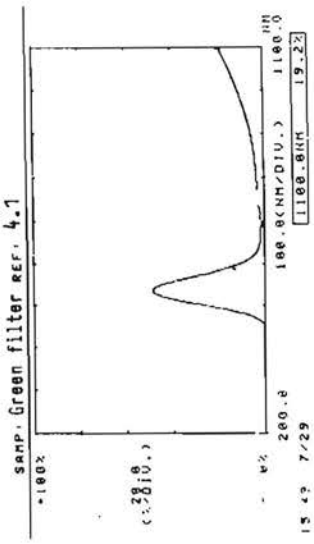
รูปที่ 3. กราฟแสดงการส่องผ่านของแสงในกลุ่มอ้างอิง

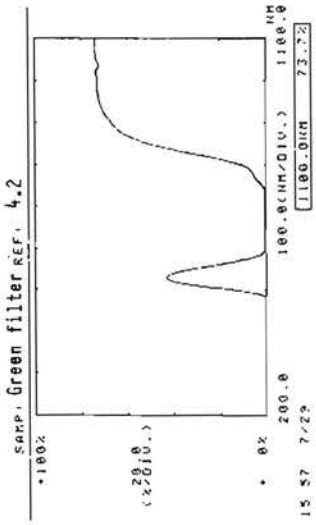


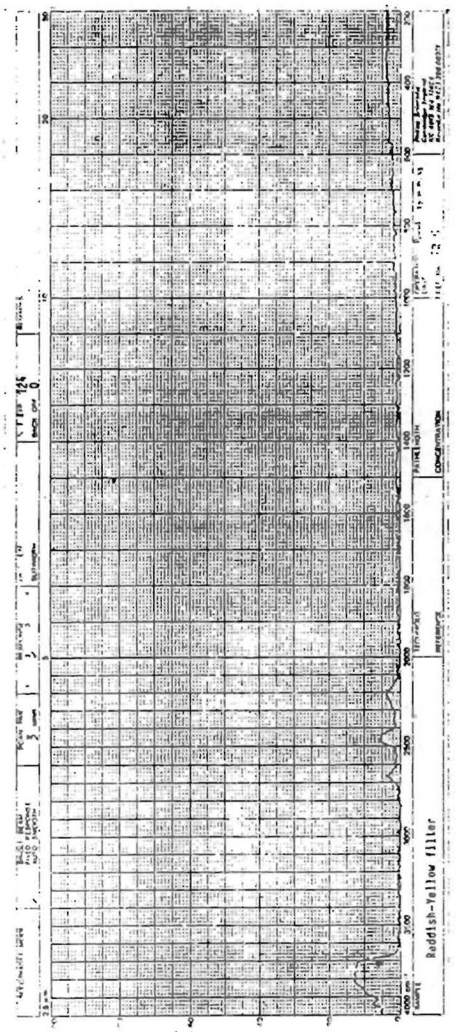
รูปที่ 4 กราฟแสดงการส่องผ่านของแสงผ่านแผ่นกรองที่มีอยู่ในภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ ม.ขอนแก่น

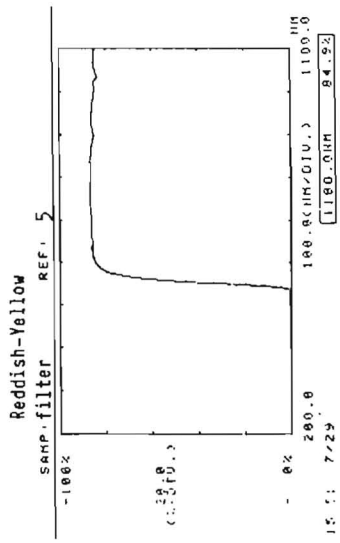

Green filter
TRANSMITTANCE(T%)

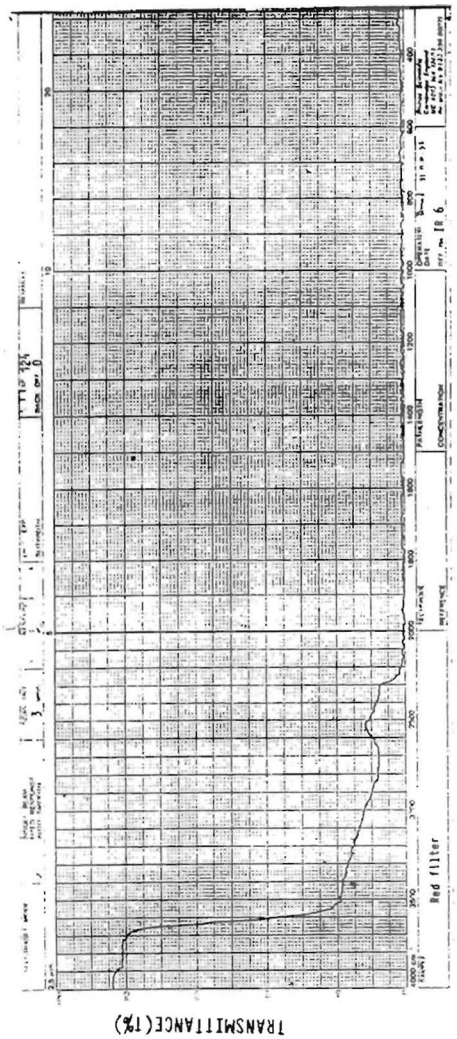

Glass filter
Green filter
TRANSMITTANCE(T%)

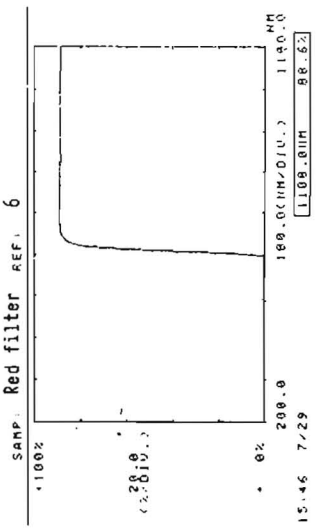

SAMP. Green filter REF. 4.1
+100%
0%
200.0
100.0(NM/DIV.)
1100.0
1100.0NM 19.22
15 42 7/29

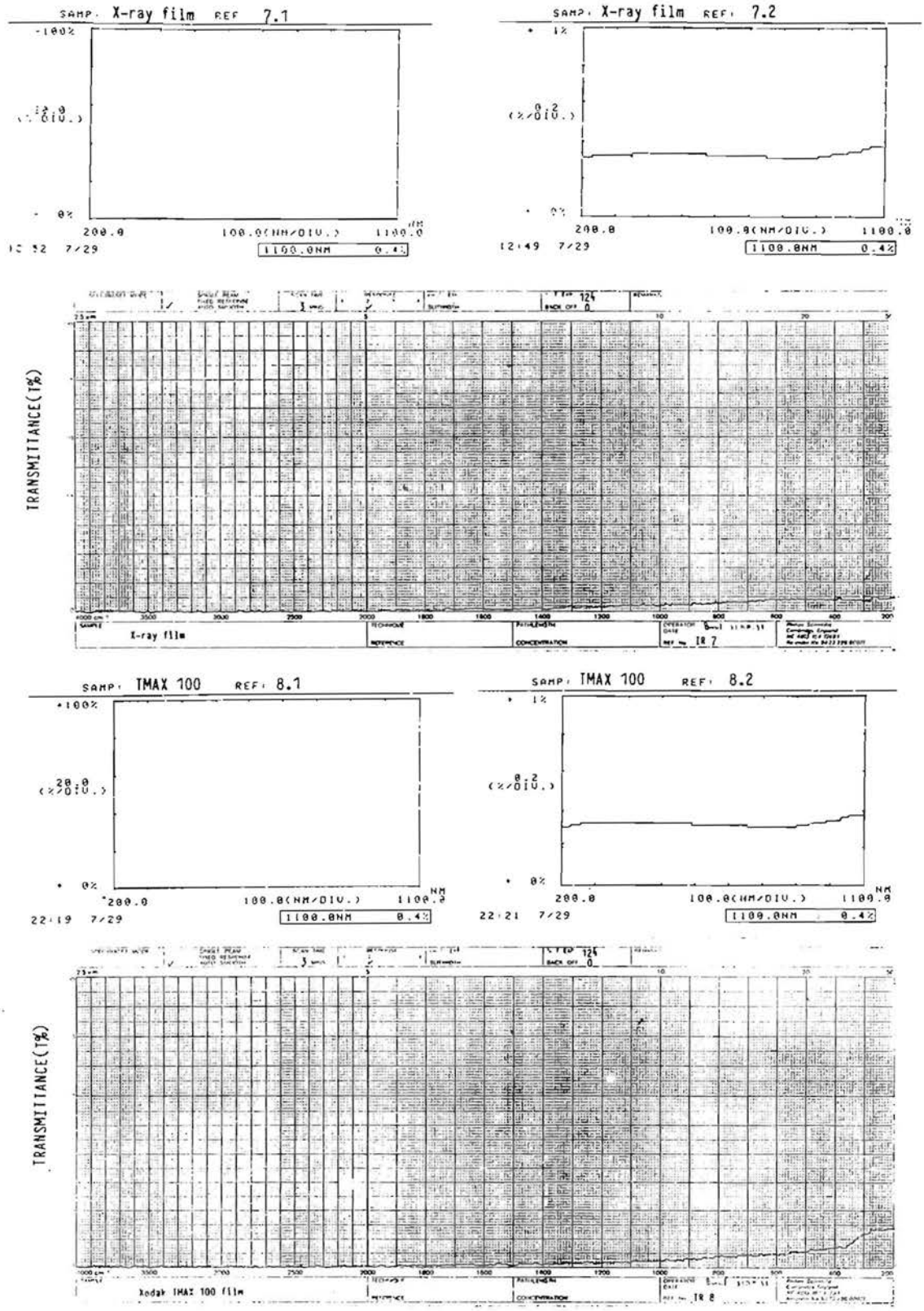

SAMP. Green filter REF. 4.2
+100%
0%
200.0
100.0(NM/DIV.)
1100.0
1100.0NM 23.72
15 57 7/29


Reddish-Yellow filter
TRANSMITTANCE(T%)

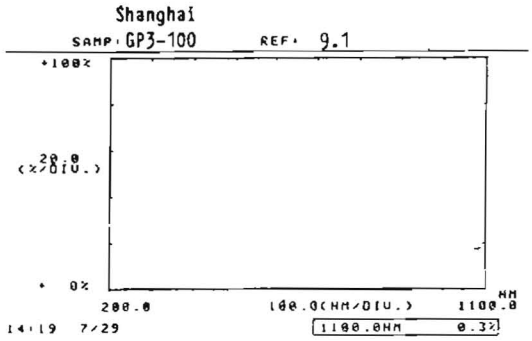

Reddish-Yellow
SAMP. filter
REF. 5
100%
0%
200.0
100.0(NM/DIV.)
1100.0
1100.0NM 84.9%
7/29

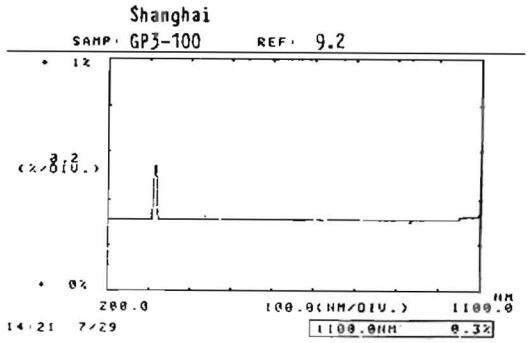

Red filter
TRANSMITTANCE(T%)

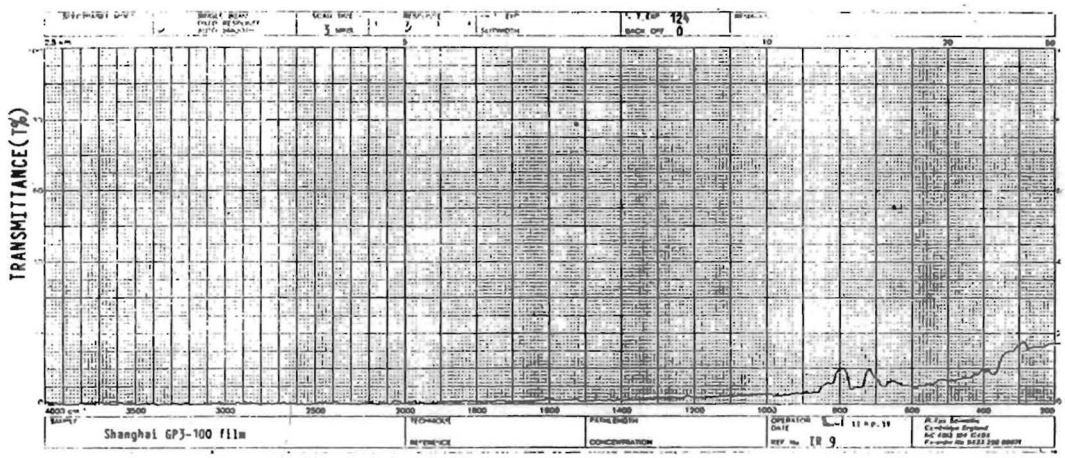

SAMP. Red filter
REF. 6
100%
0%
200.0
100.0(NM/DIV.)
1100.0
1100.0NM 88.6%
7/29

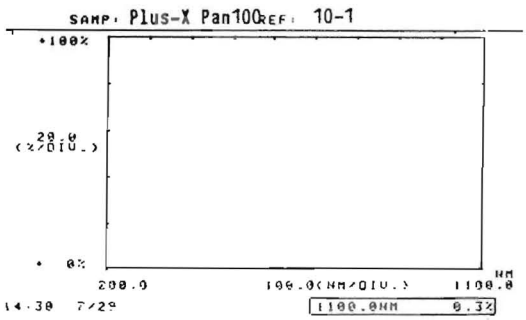


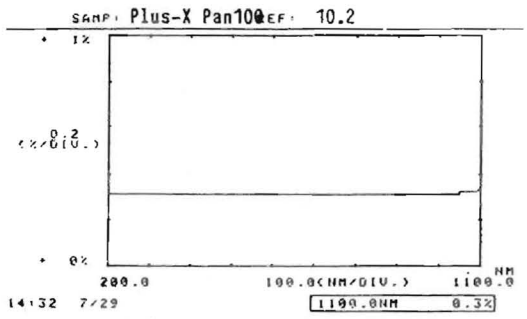
รูปที่ 5 กราฟแสดงการส่องผ่านของแสงผ่านแผ่นกรองแสงที่ภาควิชาฟิสิกส์ประดิษฐ์ขึ้น จากแผ่นฟิล์มขาวดำและกระจกรมควันเทียน

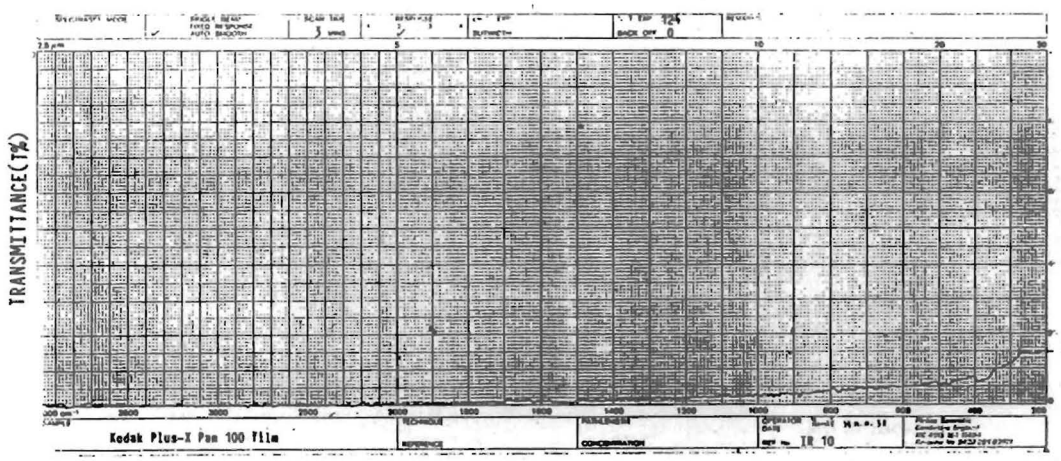

Shanghai
SAMP: GP3-100 REF: 9.1
+100%
20.0 (%/DIV.)
+ 0%
200.0
100.0(NM/DIV.)
1100.0 NM
14:19 7/29
1100.0NM 0.3%

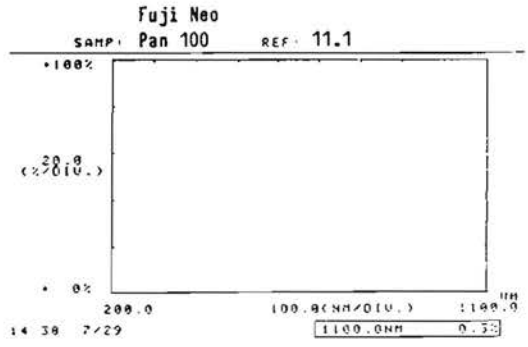

Shanghai
SAMP: GP3-100 REF: 9.2
+ 1%
0.2 (%/DIV.)
+ 0%
200.0
100.0(NM/DIV.)
1100.0 NM
14:21 7/29
1100.0NM 0.3%

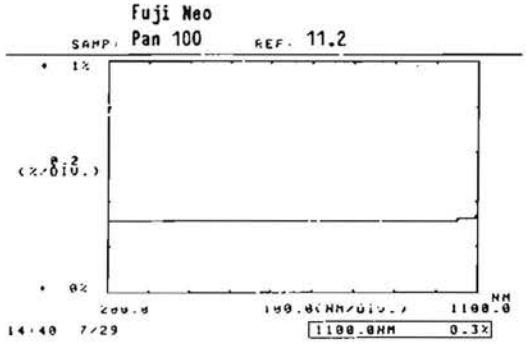

TRANSMITTANCE(T%)
Shanghai GP3-100 film
TR 9

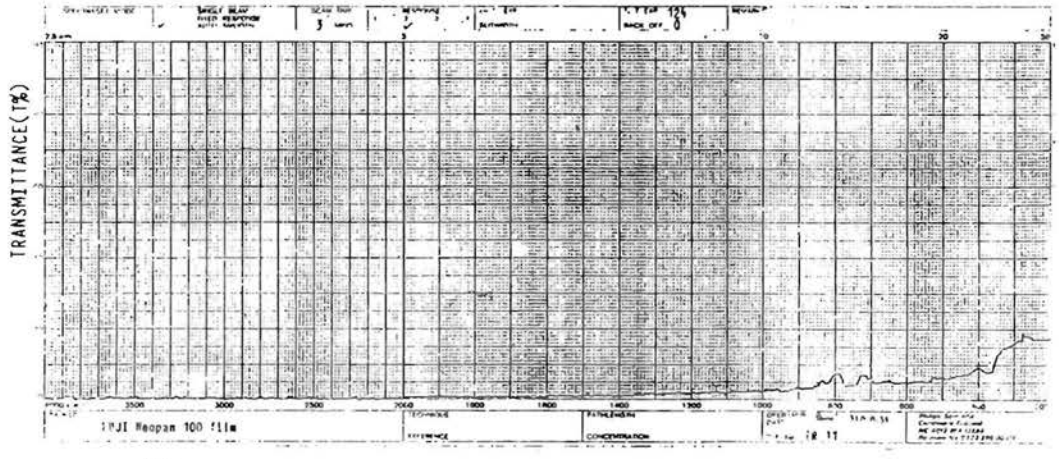

SAMP: Plus-X Pan100 REF: 10-1
+100%
20.0 (%/DIV.)
+ 0%
200.0
100.0(NM/DIV.)
1100.0 NM
14:30 7/29
1100.0NM 0.3%

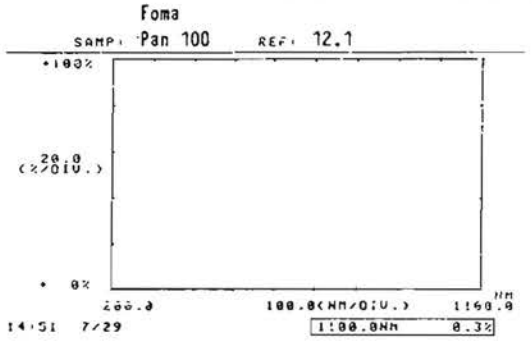

SAMP: Plus-X Pan100 REF: 10.2
+ 1%
0.2 (%/DIV.)
+ 0%
200.0
100.0(NM/DIV.)
1100.0 NM
14:32 7/29
1100.0NM 0.3%

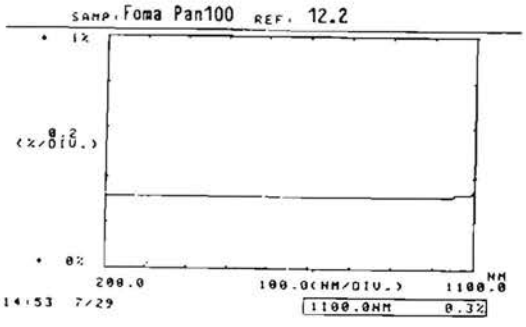

TRANSMITTANCE(T%)
Kodak Plus-X Pan 100 film
TR 10

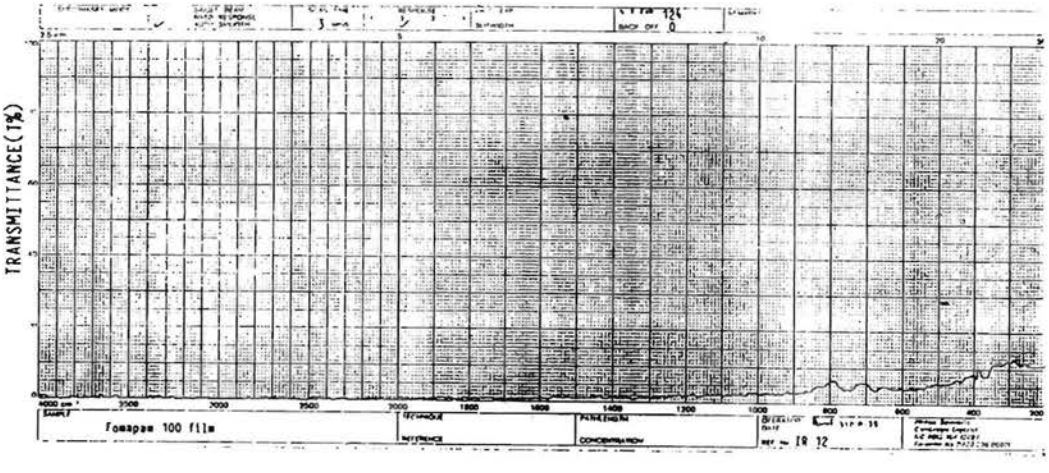

Fuji Neo
SAMP: Pan 100 REF: 11.1
+100%
20.0
(%/DIV.)
0%
200.0
100.0(NM/DIV.)
1100.0
NM
14:38 7/29
1100.0NM 0.3%

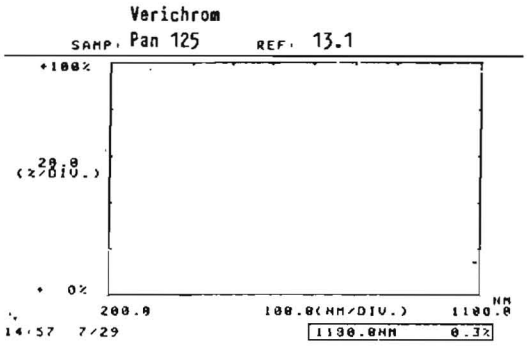

Fuji Neo
SAMP: Pan 100 REF: 11.2
1%
0.2
(%/DIV.)
0%
100.0(NM/DIV.)
1100.0
NM
14:40 7/29
1100.0NM 0.3%

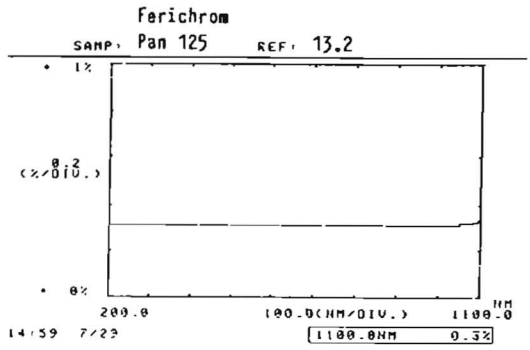

TRANSMITTANCE(T%)
FUJI Neopan 100 film

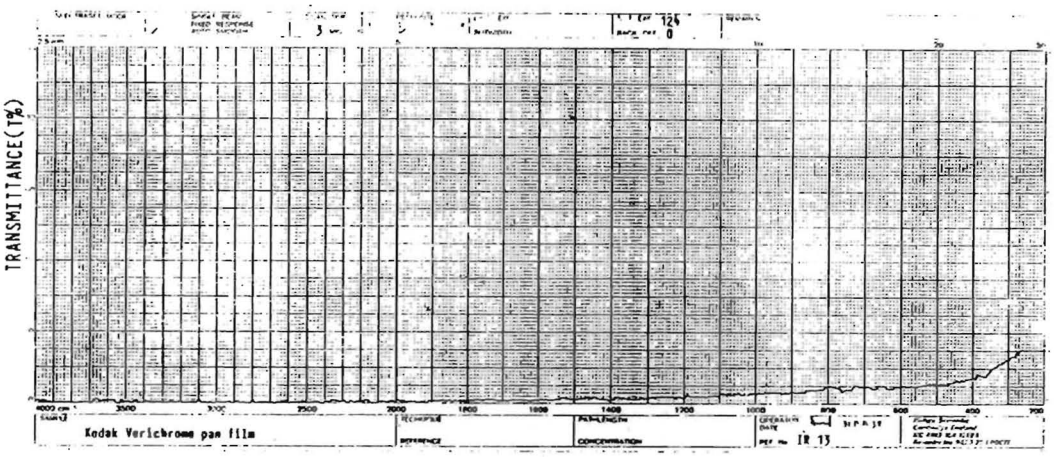

Foma
SAMP: Pan 100 REF: 12.1
+100%
20.0
(%/DIV.)
0%
200.0
100.0(NM/DIV.)
1100.0
NM
14:51 7/29
1100.0NM 0.3%

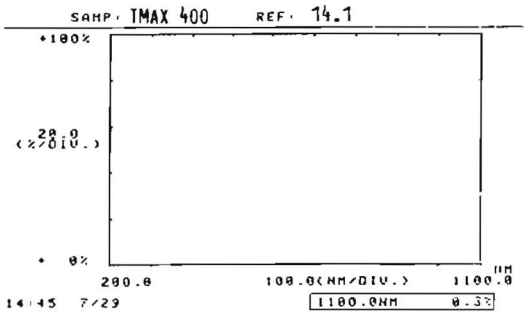

SAMP: Foma Pan100 REF: 12.2
1%
0.2
(%/DIV.)
0%
200.0
100.0(NM/DIV.)
1100.0
NM
14:53 7/29
1100.0NM 0.3%

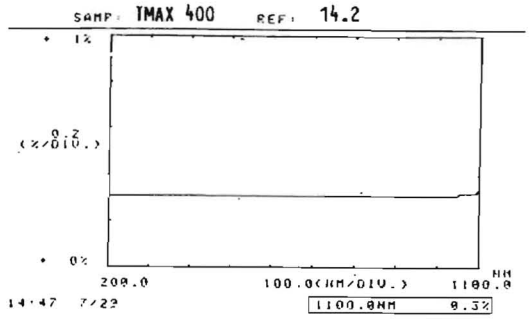

TRANSMITTANCE(T%)
Fomapan 100 film

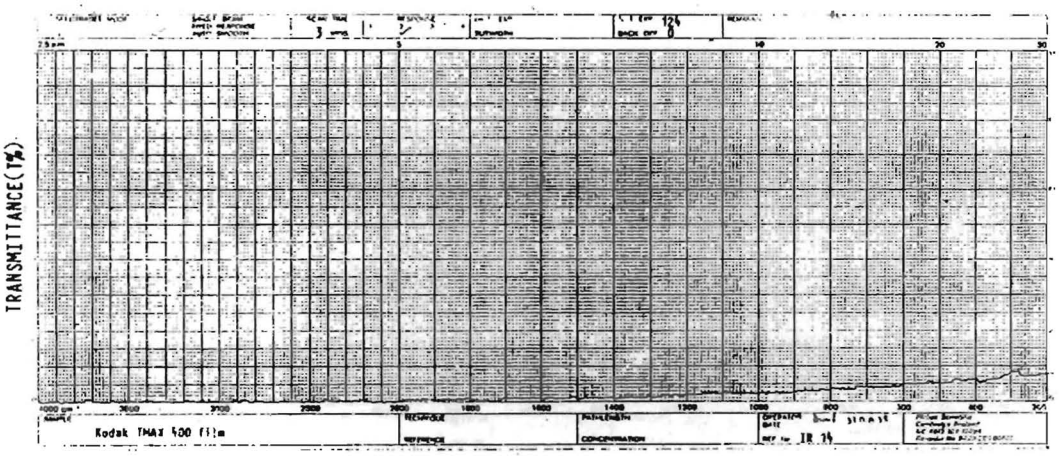

Verichrom
SAMP: Pan 125
REF: 13.1
+100%
20.0
(%/DIV.)
+ 0%
200.0
100.0(NM/DIV.)
1100.0
NM
14:57 7/29
1100.0NM 0.3%

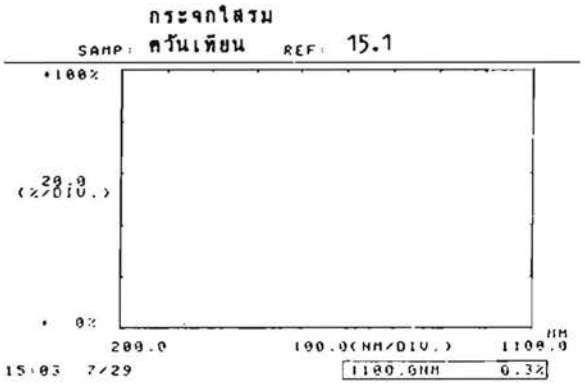

Ferichrom
SAMP: Pan 125
REF: 13.2
+ 1%
0.2
(%/DIV.)
+ 0%
200.0
100.0(NM/DIV.)
1100.0
NM
14:59 7/29
1100.0NM 0.3%

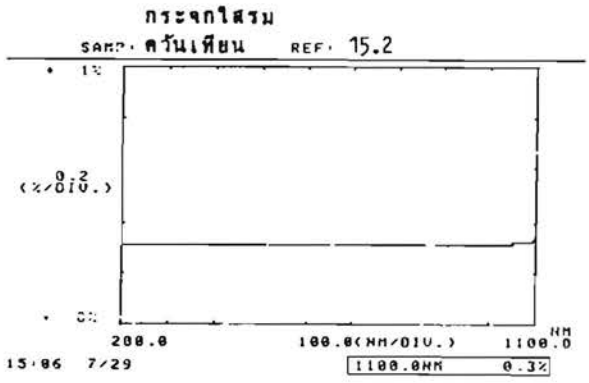

TRANSMITTANCE(T%)
Kodak Verichrome pan film

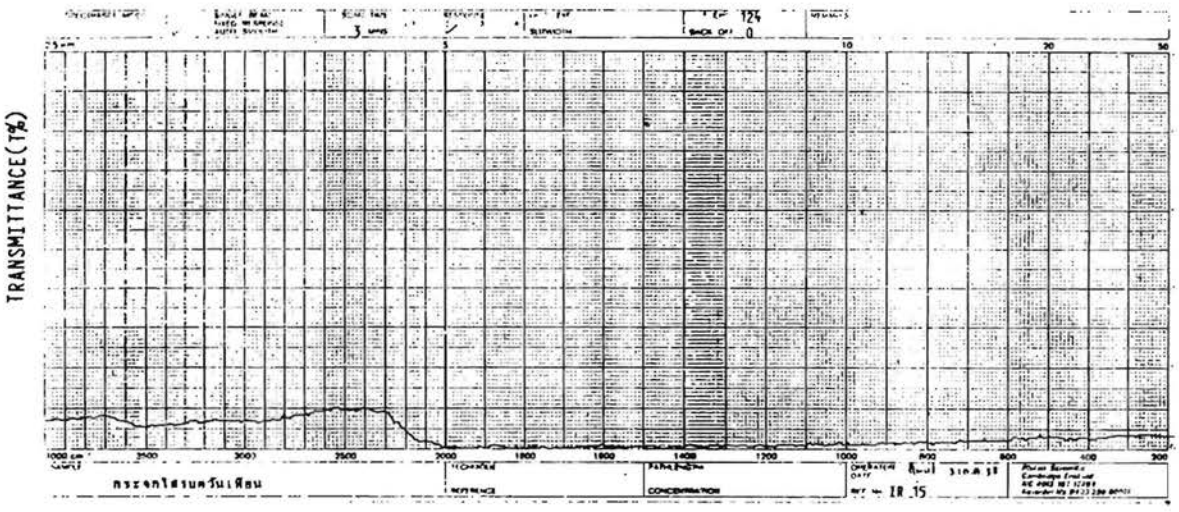

SAMP: TMAX 400
REF: 14.1
+100%
20.0
(%/DIV.)
+ 0%
200.0
100.0(NM/DIV.)
1100.0
NM
14:45 7/29
1100.0NM 0.3%

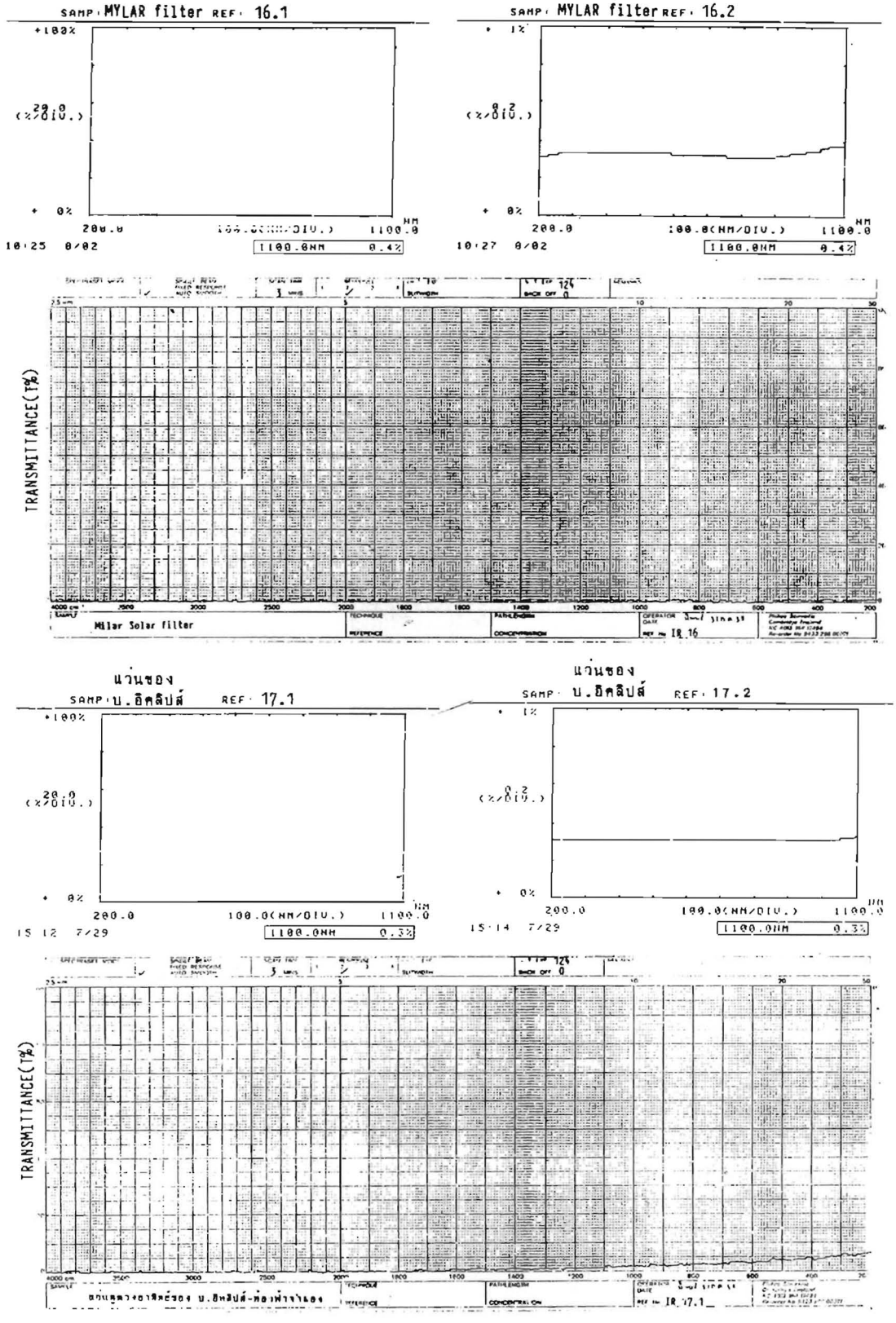

SAMP: TMAX 400
REF: 14.2
+ 1%
0.2
(%/DIV.)
+ 0%
200.0
100.0(NM/DIV.)
1100.0
NM
14:47 7/29
1100.0NM 0.3%


TRANSMITTANCE(T%)
Kodak TMAX 400 film

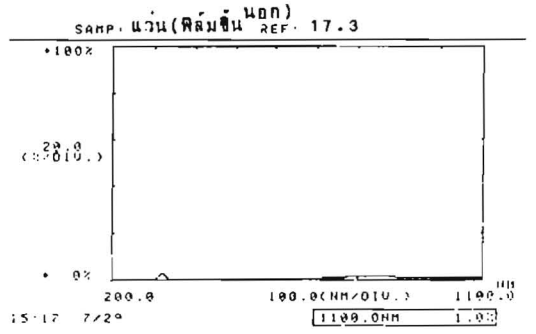

กระจกใสรม
SAMP: ควันเทียน REF: 15.1
+100%
20.0
(%/DIV.)
0%
200.0
100.0(NM/DIV.)
1100.0
NM
15:03 7/29
1100.0NM 0.3%

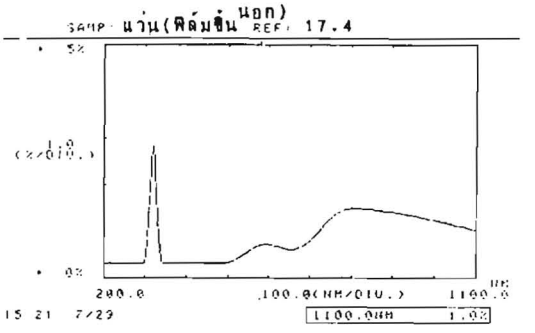

กระจกใสรม
SAMP: ควันเทียน REF: 15.2
1%
0.2
(%/DIV.)
0%
200.0
100.0(NM/DIV.)
1100.0
NM
15:06 7/29
1100.0NM 0.3%

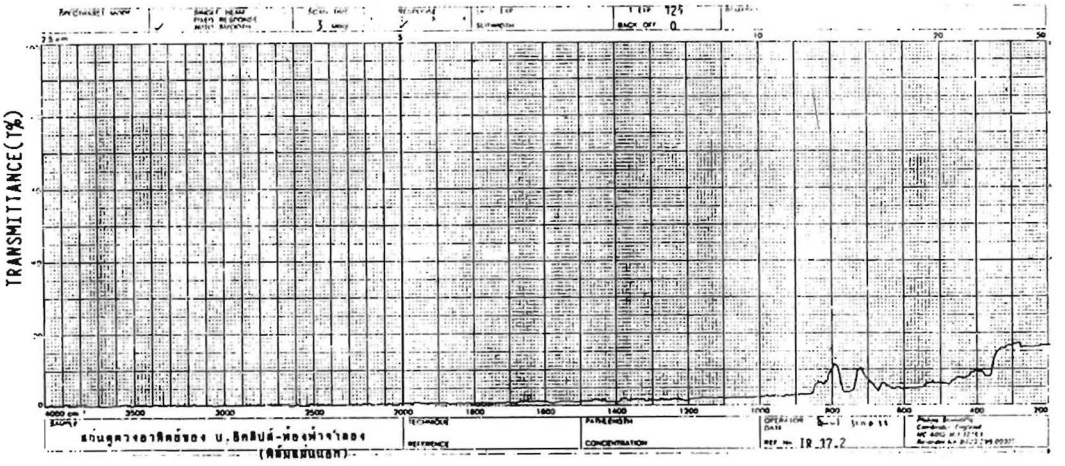

TRANSMITTANCE(T%)
กระจกใสรมควันเทียน
CONCENTRATION
IR 15

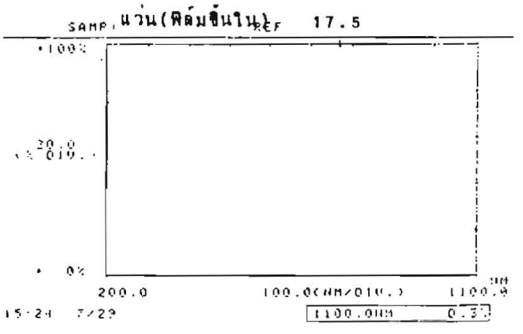


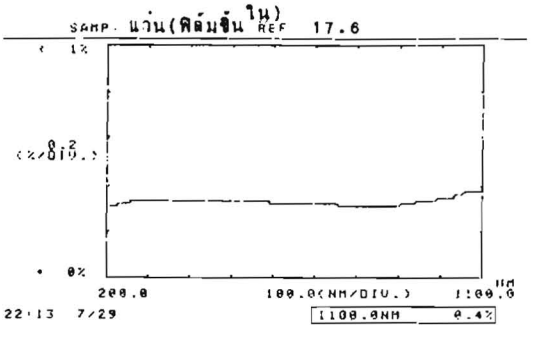
รูปที่ 6 กราฟแสดงการส่องผ่านของแสงผ่านแผ่นกรองแสงที่บริษัทเอกชนประดิษฐ์และจัดจำหน่าย

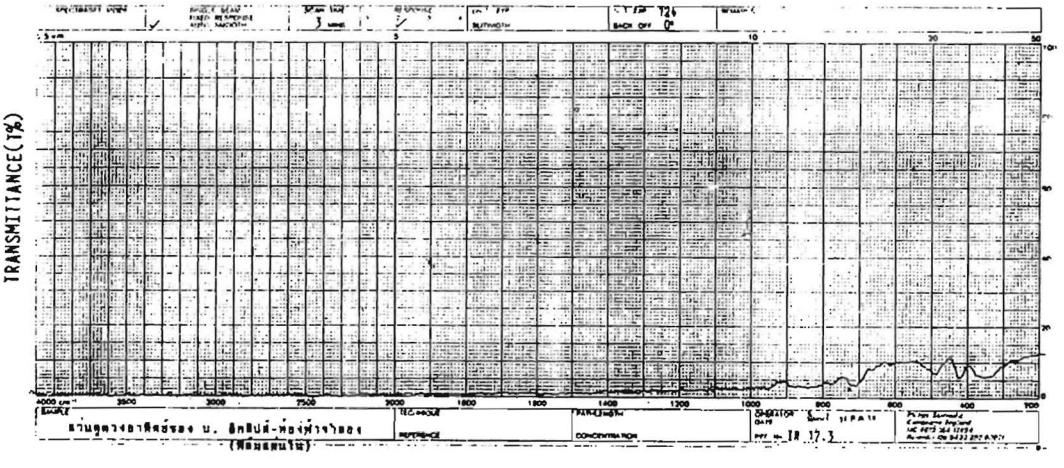

SAMP. แว่น(ฟิล์มชื้นนอก) REF. 17.3
+100%
0%
200.0
100.0(NM/DIV.)
1100.0
1100.0NM

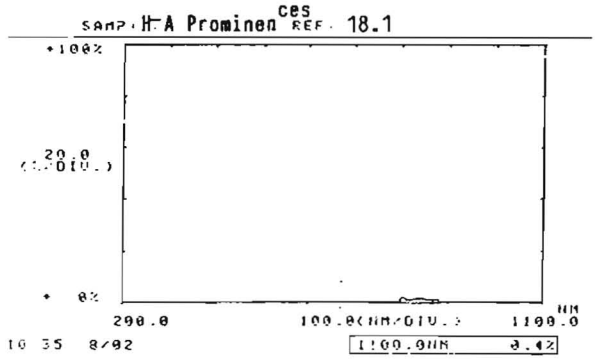

SAMP. แว่น(ฟิล์มชื้นนอก) REF. 17.4
5%
0%
200.0
100.0(NM/DIV.)
1100.0
1100.0NM

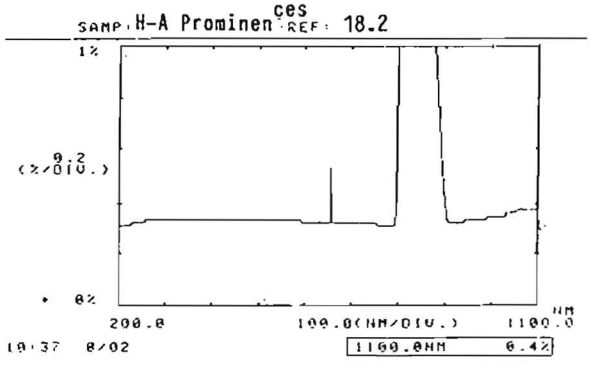

TRANSMITTANCE(T%)
แว่นตูดวงอาทิตย์ของ บ. อีกลิปส์-ห้องทำงานของ
(ฟิล์มชนิดนอก)

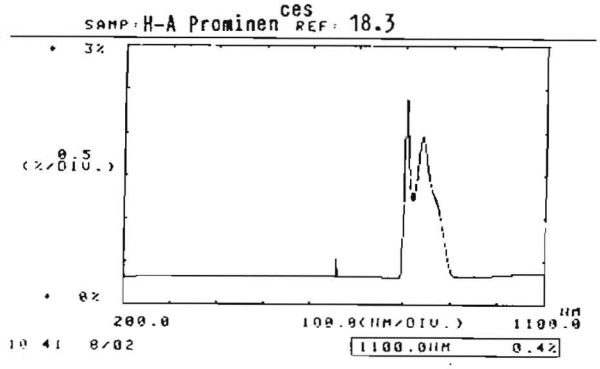

SAMP. แว่น(ฟิล์มชื้นใน) REF. 17.5
+100%
0%
200.0
100.0(NM/DIV.)
1100.0
1100.0NM

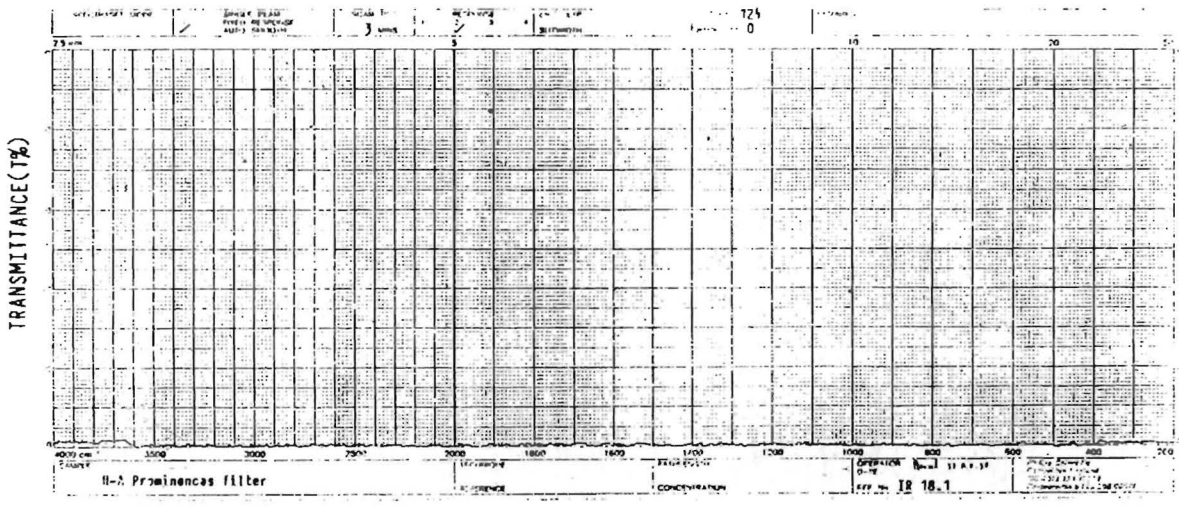

SAMP. แว่น(ฟิล์มชื้นใน) REF. 17.6
1%
0%
200.0
100.0(NM/DIV.)
1100.0
1100.0NM

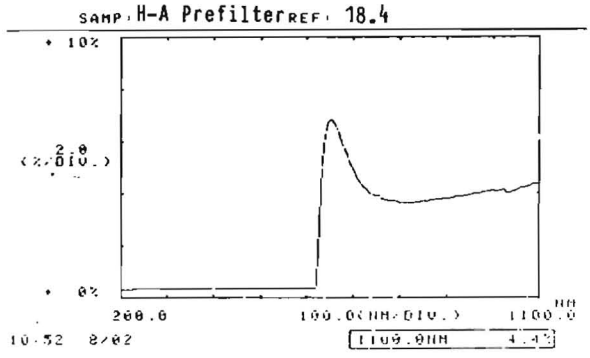

TRANSMITTANCE(T%)
แว่นตูดวงอาทิตย์ของ บ. อีกลิปส์-ห้องทำงานของ
(ฟิล์มชนิดใน)

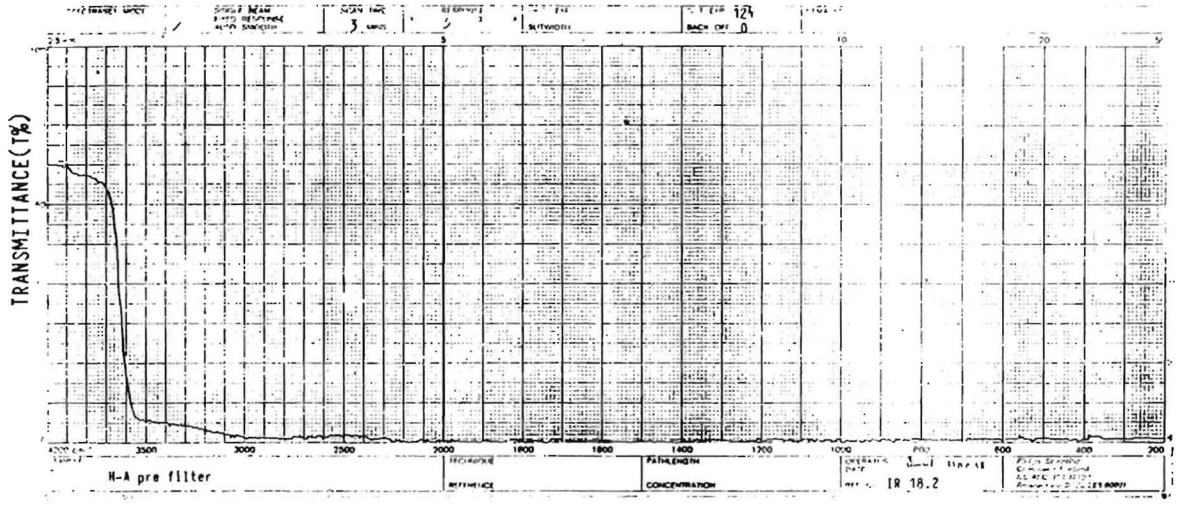

SAMP: H-A Prominences REF: 18.1
+100%
20.0
(%/DIV.)
+ 0%
200.0
100.0(NM/DIV.)
1100.0
NM
10 35 8/02
1100.0NM 0.4%


SAMP: H-A Prominences REF: 18.2
1%
0.2
(%/DIV.)
+ 0%
200.0
100.0(NM/DIV.)
1100.0
NM
10 37 8/02
1100.0NM 0.4%


SAMP: H-A Prominences REF: 18.3
+ 3%
0.5
(%/DIV.)
+ 0%
200.0
100.0(NM/DIV.)
1100.0
NM
10 41 8/02
1100.0NM 0.4%


TRANSMITTANCE(T%)
H-A Prominences filter
18 18.1


SAMP: H-A Prefilter REF: 18.4
+ 10%
(%/DIV.)
+ 0%
200.0
100.0(NM/DIV.)
1100.0
NM
10:52 8/02
1109.0NM
4.4%


TRANSMITTANCE(T%)
3500
3000
2500
2000
1800
1600
1400
1200
1000
600
400
200
H-A pre filter
PATHLENGTH
CONCENTRATION
IR 18.2

ว.วิทย มข. 23(2) : 162-163 (2538)

เกร็ดคอมพิวเตอร์

นายถังเบียร์

ตอน...การติดตั้งระบบเพื่อเชื่อมโยงเข้ากับเครือข่ายคอมพิวเตอร์

การติดตั้งระบบเพื่อต่อเชื่อมโยงเข้ากับเครือข่ายคอมพิวเตอร์

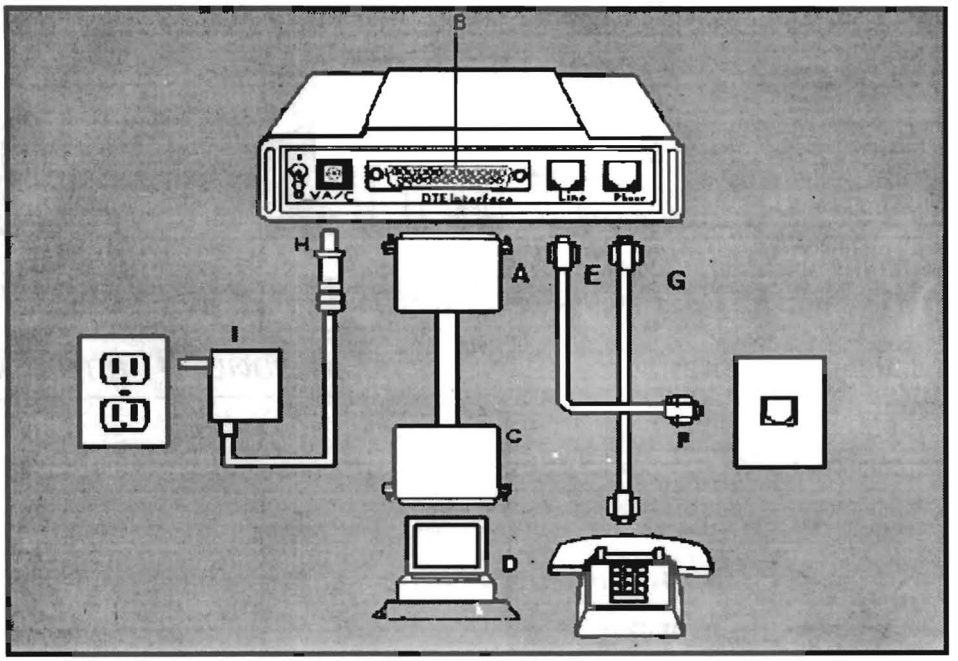
ในฉบับก่อนหน้านี้เราเคยพูดถึงจดหมายอิเลคทรอนิกส์หรืออีเมล์ (Email) มาแล้ว สำหรับท่านที่มีเครื่องคอมพิวเตอร์ต่อเชื่อมโยงเข้ากับระบบเครือข่ายและมี Account อยู่บน Host คอมพิวเตอร์ คงใช้อีเมล์รวมทั้งโปรแกรมต่าง ๆ ที่มีในเครื่อง Host ได้เรียบร้อยแล้วแต่สำหรับผู้ใช้ที่มีเครื่องคอมพิวเตอร์ใช้งานอยู่ที่บ้านหรือที่ทำงานและต้องการที่จะติดต่อเชื่อมโยงเข้ากับระบบเครือข่ายจะทำได้อย่างไร ดังนั้นในฉบับนี้จะมาว่ากันถึงวิธีการที่จะเชื่อมโยงเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนตัวเข้าใช้งานบนระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ โดยต่อผ่านโมเด็มจะต้องมีอุปกรณ์อะไร และจะต้องทำอย่างไรบ้าง?

ระบบควรจะต้องประกอบด้วยอุปกรณ์ดังนี้

- เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์
- คู่สายโทรศัพท์
- โมเด็มซึ่งมีความเร็วสอดคล้องกับตัวรับ
- โปรแกรมสื่อสาร (ส่วนใหญ่จะติดมากับโมเด็มที่ซื้อ)

สำหรับท่านที่ยังไม่มี account ที่ใช้งานบน host คงจะต้องทำการติดต่อกับหน่วยงานที่ท่านจะขอใช้บริการเพื่อขอ account บน host คอมพิวเตอร์ บางท่านอาจสงสัยว่า account คืออะไร? สำหรับการทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์บนระบบผู้ใช้หลายคน (multiuser) ผู้ใช้แต่ละคนจะมีที่ทำงานสำหรับจัดเก็บข้อมูลที่อยู่บนเครื่อง Host ซึ่งเราเรียกว่า user account ถ้ามองกรณีที่เราส่งจดหมาย account ก็คือที่อยู่ที่เราใช้ในการติดต่อนั่นเอง

การติดตั้งระบบเพื่อจะใช้งานสามารถดูวิธีการต่อโมเด็มเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ สำหรับกรณีที่โมเด็มที่ท่านใช้งานเป็นแบบภายนอก (External) การติดตั้งอาจทำได้ง่ายหน่อย สามารถแสดงได้ดังรูปต่อไปนี้



รูปแสดงการติดตั้งเครื่องเข้ากับโมเด็ม

1. ต่อสายจากเครื่องคอมพิวเตอร์จากพอร์ต COM1 (จุด D) เข้าโมเด็ม (จุด A, B, C)
2. ต่อสายสัญญาณโทรศัพท์ (จุด F) เข้ากับช่อง Line ของโมเด็ม (จุด E)
3. จากช่อง phone (จุด G) ของโมเด็มต่อเข้าที่เครื่องรับโทรศัพท์
4. จากช่อง V-AC (จุด H) ต่อเข้ากับปลั๊กไฟ

เมื่อติดตั้งเรียบร้อยแล้วให้ทำการเปิดสวิทซ์โมเด็ม และเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์เพื่อใช้งาน แล้วเรียกใช้โปรแกรมสื่อสารซึ่งมีหลายโปรแกรม ซึ่งแต่ละโปรแกรมอาจจะมีคำสั่งที่แตกต่างกันไป (สามารถดูได้จากคู่มือของโปรแกรม) แต่สิ่งที่ผู้ใช้จะต้องติดตั้งให้กับระบบได้แก่เรื่องของความเร็วในการรับ/ส่ง ซึ่งจะต้องทราบว่าปลายทางที่เราติดต่อนั้นสามารถใช้ความเร็วการรับ/ส่งเท่าไรได้ เช่น 2400 bps, 9600 bps, 14400 bps, 28800 bps และพอร์ตอนุกรมที่ใช้ในการต่อเป็นพอร์ตอะไร ใช้ COM1 หรือ COM2 รูปแบบการรับส่งข้อมูลเป็นแบบใด และหมายเลขโทรศัพท์ที่ใช้ติดต่อคือหมายเลขอะไร เมื่อเรียบร้อยแล้วก็สามารถใช้คำสั่งในการส่งสัญญาณติดต่อไปยังหมายเลขโทรศัพท์ปลายทาง ถ้าการติดตั้งระบบต่าง ๆ เรียบร้อยไม่มีปัญหา ก็ควรจะสามารถที่จะติดต่อเข้าไปใช้งานโปรแกรมต่าง ๆ บนระบบได้

เอาละครับ หวังว่าคงจะไม่ลำบากจนเกินไปใช่ไหมครับ เมื่อเทียบกับประโยชน์ในการที่จะเข้าไปใช้ประสิทธิภาพของระบบอินเตอร์เนต ที่สามารถท่องเที่ยวไปได้ทั่วโลก ติดต่อกับผู้อื่นได้ทั่วโลกแทบจะทันทีทันใด ขอแฟ้มข้อมูลข่าวสาร หรือแม้กระทั่งการซื้อขายสินค้าเหมือนกับตลาดนัดในอนาคตอันใกล้นี้ หรือถ้าท่านมีข้อสงสัยประการใด กรุณาติดต่อกลับมาทางวารสารตามที่อยู่ในปกหน้าด้านใน โดยวงเล็บมุมซองว่า "คอลัมน์ เกร็ดคอมพิวเตอร์"

ว.วิทย มข. 23(3) : 164-166 (2538)

เกร็ดเล็กเกร็ดน้อย

ตอน จุลินทรีย์ในอาหารพื้นบ้านไทย : น้ำปลา

โดย อ๊อดน้อย ลูกบางปลาสร้อย

เกร็ดเล็กเกร็ดน้อยมาคราวนี้อาจผิดแปลกไปจากเดิมเนื่องจากท่านศิลามณี แห่งเชียงของกลับบ้านกลับเมืองไปแล้ว กระผมนายอ๊อดน้อย ลูกบางปลาสร้อย จึงต้องมาเป็นมวยแทน การที่ให้นักมวยมาเขียนหนังสืออาจทำให้รสชาติและอรรถรสลดลงไปบ้าง ดังนั้นเพื่อเป็นการเพิ่มรสชาติในคราวนี้ และคราวต่อ ๆ ไปอีกหลายครั้ง กระผมจึงนำเรื่องเกี่ยวกับการเพิ่มรสชาติมาเล่าให้ฟัง และเพื่อให้เห็นวิทยาการของชาวบ้านไทย หรือบรรพบุรุษไทยที่มีการใช้การสังเกต ทดลอง และนำความรู้ที่ได้มาประดิษฐ์ หรือปรับปรุงคุณภาพชีวิตได้อย่างน่าทึ่ง ทำให้เห็นได้ว่าคนไทยมีความเป็นนักวิทยาศาสตร์อยู่ในตัวอีกด้วย

คนไทยใช้วิทยาการแบบไทย ๆ ทางจุลชีววิทยาในชีวิตประจำวันมานานมากแล้ว คราวนี้จะกล่าวถึงการใช้ความรู้ทางจุลชีววิทยาในการผลิตหรือแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรเพื่อนำมาใช้เป็นอาหารชนิดต่าง ๆ และบทบาทของจุลินทรีย์ในอาหารนั้น ๆ

อาหารไทยชนิดต่าง ๆ ที่มีจุลินทรีย์เกี่ยวข้องในกระบวนการผลิต ได้แก่ กะปิ น้ำปลา ปลาร้า ปลาเจ่า ปลาส้ม แหนม ไส้กรอกอีสาน ถั่วเน่า บูดู ไตปลา เป็นต้น จะเห็นได้ว่ามีอาหารหลายชนิดที่ใช้จุลินทรีย์ในกระบวนการผลิตและโดยเฉพาะภาคอีสานมีอาหารประเภทนี้เป็นจำนวนมาก ที่ยกตัวอย่างมานี้เป็นเพียงอาหารที่มีความนิยมและเป็นที่รู้จักกันทั่วไป แต่ยังมีอาหารชนิดอื่นของไทยอีกมากที่ใช้ประโยชน์จากจุลินทรีย์ ซึ่งถ้ามีโอกาสจะกล่าวถึงต่อไป

น้ำปลาใครไม่รู้จักบ้าง?

ในคราวนี้จะขอกล่าวถึงน้ำปลาซึ่งเป็นอาหารที่รู้จักกันดี และจะขาดเสียมิได้ในครัวไทยทุกครัวเรือน รวมทั้งเป็นอาหารที่แพร่หลายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้นี้ด้วย การผลิตน้ำปลาใช้วิธีการหมักเกลือกับปลาขนาดเล็ก เช่น ปลาไส้ตัน ปลากะตัก ปลาสร้อย หรือปลาขนาดเล็กอื่น ๆ โดยหมักสลับกับเกลือเป็นชั้น ๆ ใน โอ่ง ไห หรือปัจจุบันมักทำในบ่อคอนกรีต ใช้เกลือประมาณสองส่วนต่อปลาหกส่วน และหมักตากแดดไว้ประมาณ 6-12 เดือน จะได้กากปลาและส่วนที่เป็นน้ำสีน้ำตาลอ่อน รินส่วนน้ำออก นำไปกรองและต้มจะได้หัวน้ำปลา ส่วนกากที่เหลือสามารถหมักต่อไปได้เรื่อย ๆ ตามความงก จะได้น้ำปลาเกรดลดลงเรื่อย ๆ จนในที่สุดก็เป็นน้ำเกลือล้วน ๆ ไง

กว่าจะมาเป็นน้ำปลา

หลักการง่าย ๆ ของการผลิตและการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักน้ำปลาคือการใช้เกลือในการควบคุมจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการ เช่น จุลินทรีย์ก่อโรคที่จะติดมากับปลา น้ำทะเล และเกลือ รวมทั้งควบคุมปริมาณจุลินทรีย์ที่จะก่อให้เกิดการเน่าเสียของปลาด้วย ส่วนจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญได้จะสร้างเอนไซม์ขึ้นมา รวมทั้งเกลือจะทำให้มีการปลดปล่อยเอนไซม์จากตัวปลาที่ตายแล้ว โดยเฉพาะในกระเพาะปลาซึ่งมีทั้งจุลินทรีย์และน้ำย่อยเป็นจำนวนมาก เอนไซม์และจุลินทรีย์เหล่านี้จะย่อยสลายเนื้อปลาซึ่งส่วนใหญ่เป็นโปรตีน จนกลายเป็นของเหลว ทำให้ได้สารอาหารที่เป็นประโยชน์และง่ายต่อการใช้ของร่างกาย ทั้งทำให้เกิดกลิ่นและรสชาติที่อร่อย เนื่องจากเกิดสารพวกชูรสขึ้นด้วย สารอาหารต่าง ๆ ได้แก่ กรดอะมิโนชนิดต่าง ๆ จากการย่อยสลายโปรตีนด้วยน้ำย่อยในตัวปลา และจากจุลินทรีย์ กรดไขมันชนิดต่าง ๆ จากการย่อยไขมัน นอกจากนี้จุลินทรีย์ที่เจริญได้ยังสร้างสารที่ทำให้เกิดกลิ่นหอมต่าง ๆ ซึ่งเป็นกลิ่นเฉพาะของน้ำปลา รวมทั้งยังสร้างกรดอินทรีย์และสารอื่น ๆ อีกมาก จึงทำให้น้ำปลาเป็นอาหารที่เหมาะสมที่จะใช้ปรุงแต่งรสอาหารที่ดี สีน้ำตาลอ่อนของน้ำปลาเกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีของกรดอะมิโน หรือกรดไขมัน กับน้ำตาลชนิดต่าง ๆ และจะมีสีเข้มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูง และมีออกซิเจน โดยที่แสงไม่มีผลต่อการเกิดสีน้ำตาลโดยตรง เพียงแต่ว่าการทำงานของเอนไซม์ต่าง ๆ ต้องการอุณหภูมิสูงจึงต้องมีการหมักตากแดด ปัจจุบันอาศัยความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทำให้เข้าใจกระบวนการต่าง ๆ ในการหมักน้ำปลา (ซึ่งบรรพบุรุษไทยได้ทำกันมาเป็นร้อย ๆ ปีแล้ว) มาปรับปรุงให้กระบวนการหมักเกิดได้เร็วขึ้น โดยพบว่าอุณหภูมิมีส่วนช่วยทำให้เอนไซม์ทำงานได้รวดเร็วจึงมีความพยายามเพิ่มอุณหภูมิในการหมัก รวมทั้งมีการเติมเอนไซม์ กรด หรือด่างช่วยให้เกิดการย่อยโปรตีนทำให้การหมักเกิดได้เร็วขึ้น ซึ่งสามารถลดเวลาการหมักน้ำปลาลงได้อย่างมาก นอกจากนี้อาจมีการเติมสารปรุงแต่งสี เช่นสีจากน้ำตาลไหม้ หรือสารแต่งกลิ่น และรส ซึ่งมีการผลิตขายจากต่างประเทศ เพื่อช่วยให้น่ารับประทานขึ้นอีกด้วย

QC

ได้มีการควบคุมคุณภาพของน้ำปลา เนื่องจากมีคนไทยอีกเช่นกันที่ใช้ความรู้ความสามารถในทางไม่ค่อยถูก เช่น ใช้เกลือผสมกับน้ำสี หรือน้ำต้มกระดูกขายเป็นน้ำปลา ทำให้เป็นการเอาเปรียบผู้บริโภคจึงต้องมีการควบคุมปริมาณโปรตีน และคุณสมบัติอื่น ๆ ทั้งทางด้านสารอาหารและสาธารณสุขของน้ำปลาเพื่อให้มีคุณภาพที่ดีสมกับราคาและไม่เป็นการเอาเปรียบผู้ใช้ ดังนั้นจากการผลิตน้ำปลาในครัวเรือนทั่วไปจึงมีการพัฒนาสู่โรงงานอุตสาหกรรม มีการควบคุมคุณภาพอย่างใกล้ชิดและถูกหลักอนามัย ทำให้มีคุณภาพที่น่าเชื่อถือได้ จึงมีการส่งออกน้ำปลาไปยังประเทศเพื่อนบ้านใกล้เคียง และไกลออกไปถึงตะวันออกกลาง รวมทั้งในประเทศอเมริกาด้วย (อย่าถามนะว่าส่งไปขายใคร) มีการปรับปรุงทางด้านบรรจุภัณฑ์ที่น่าใช้ เช่น มีการบรรจุในซองขนาดเล็กเพื่อใช้งานสะดวกในทุกสถานที่ และยังมีความพยายามที่จะปรับปรุงต่อไปอย่างต่อเนื่อง แต่สำหรับผู้บริโภคแล้วน้ำปลาเป็นเพียงสารปรุงแต่งรสอาหารในครัวเรือน จึงไม่ควรไปหวังว่าจะได้คุณประโยชน์จากสารอาหารต่าง ๆ ในน้ำปลามากนัก เพราะปริมาณที่ใช้ในแต่ละวันจะทำให้ผู้บริโภคได้รับคุณประโยชน์จากโปรตีน หรือสารอาหารต่าง ๆ ในน้ำปลาเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ถ้าจะให้ได้ประโยชน์จริง ๆ อาจต้องดื่มน้ำปลาวันละเป็นแก้วหรือเป็นขวด และท่านก็คงจะได้ความเค็มมากกว่าอย่างอื่น (ยิ่งถ้าใครมี ***"ความเค็ม"*** มากอยู่แล้วด้วยละก็...) จึง

หวังว่าเราคงไม่หลงประเด็นกันเพราะว่าจุดประสงค์ในการใช้น้ำปลาก็เพื่อเป็นการเพิ่มรสชาติให้อาหารเท่านั้น และเมื่อรับประทานอาหารได้มากท่านก็จะได้รับประโยชน์จากอาหารเหล่านั้น ซึ่งก็นับเป็นประโยชน์ของน้ำปลาในทางอ้อม (บางคนอาจเถียงว่าเป็นโทษ) ประโยชน์ทางตรงของน้ำปลาที่น่าสนใจอีกอย่างหนึ่ง โดยเฉพาะทางภูมิภาคอีสานของเราน่าจะเป็นการที่จะได้รับไอโอดีนจากเกลือ และปลาในน้ำปลา ซึ่งเป็นการป้องกันโรคหอหอยพอกนั่นเอง

สุดท้ายนี้หวังว่าพวกเราคงได้อร่อยกับอาหารที่ปรุงรสด้วยน้ำปลาขึ้นอีกเมื่อได้ทราบถึงความเป็นมาของน้ำปลาและคุณประโยชน์ แต่อย่าอร่อยจนเกินไปเพราะถ้าน้ำหนักขึ้นแล้วจะมาโทษผู้เขียนไม่ได้นะ เพราะผู้เขียนเองก็ยังเอาตัวไม่รอดจากความอ้วนเลย แต่เพื่อให้ **"อิน"** กับการเขียนเรื่องจึงต้องทดลองให้เห็นจริง ว่าไปนั่น คราวหน้าพบกันใหม่กับอาหารที่พวกเราคุ้นเคยกันดีอื่น ๆ สวัสดีครับ

ว.วิทย มข. 23(3) : 167-169 (2538)

คณิตศาสตร์ชวนคิด

ตอน เรื่องของ e และ ¶

*ดร.อิทธิ ฤทธาภรณ์ **

ทำไมเราจึงพบค่าคงที่ e และ ¶ บ่อย ๆ ในการวิเคราะห์ปรากฏการณ์

1. ธรรมชาติกับคณิตศาสตร์

ถ้าให้บอกว่าอะไรเป็นการค้นพบที่ยิ่งใหญ่ที่สุดในประวัติของคณิตศาสตร์ ไม่น้อยคนคงจะเลือกบอกว่า ก็การค้นพบอนุพันธ์และอินทิเกรตของนิวตัน นักคณิตศาสตร์ที่ยิ่งใหญ่คนหนึ่งคือไลป์นิตส์ถึงกับเคยพูดไว้ว่า "นี่เป็นการค้นพบที่ยิ่งใหญ่กว่าการค้นพบก่อนนิวตันทั้งหมด ถึงแม้จะเอามารวมกันด้วย"

อนุพันธ์และอินทิเกรตเป็นพื้นฐานสำคัญของฟิสิกส์เช่นเดียวกัน ยกตัวอย่างเช่น กฎการเคลื่อนที่กฎที่ 2 ของนิวตันที่บอกว่า

$$f = ma \qquad (1)$$

ก็มีอนุพันธ์ปรากฏอยู่ นั่นก็คือ ความเร่งซึ่งเป็นอนุพันธ์ของความเร็ว และแน่นอนความเร็วก็คืออนุพันธ์ของระยะทาง นอกจากนี้เราทุกคนก็ทราบเป็นอย่างดีแล้วว่า เรามักจะพบว่าสมการที่ใช้อธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติมักจะมีอนุพันธ์ปรากฏอยู่ด้วยเสมอ

การที่จะให้คำตอบแก่คำถามว่า "ทำไมจึงมักมีอนุพันธ์ปรากฏในสมการที่อธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติเสมอ ๆ ?" คงไม่ใช่เรื่องง่ายนัก แม้แต่นิวตันเองก็ไม่ได้กล่าวถึงจุดนี้ไว้เท่าใดนัก เราคงจะเพียงบอกได้ด้วยความรู้สึกคร่าว ๆ ว่าก็คงเป็นเพราะว่า อนุพันธ์แสดงความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงของปริมาณหนึ่ง เมื่ออีกปริมาณหนึ่งเปลี่ยนไป เมื่อธรรมชาติเต็มไปด้วยการเปลี่ยนแปลงก็คงไม่แปลกอะไรที่เราจะพบอนุพันธ์ในกฎและสมการต่าง ๆ

และก็เพราะว่า การปรากฏของอนุพันธ์ในสมการต่าง ๆ นี่แหละที่เป็นเหตุให้เราได้มีโอกาสเจอกับค่า e และ ¶ บ่อย ๆ เหตุผลก็เพราะว่าค่าทั้งสองนี้มีความสัมพันธ์อย่างลึกซึ้งกับสมการอนุพันธ์นั่นเอง เรามาดูซิว่ามันจะเกี่ยวข้องกันได้อย่างไร

2. สมการอนุพันธ์และค่า e

ถ้าให้ a เป็นค่า unknown ของสมการต่อไปนี้คือ

$$\text{(A)} \quad a^2 - 3a + 2 = 0$$

เราจะเรียกสมการนี้ว่า สมการกำลังที่สองของ a

และถ้าให้ $y = y(x)$ เป็นฟังก์ชันของ x และ

$y' = \frac{dy}{dx}$, $y'' = \frac{d^2y}{dx^2}$ เราจะเรียกสมการ

$$\text{(B)} \quad Y'' - 3y' + 2y = 0$$

* *Superconductivity Research Lab, ISTEC, Koto-Ku, Tokyo 135, Japan.*

ว่าสมการอนุพันธ์ และเรียกการแก้สมการนี้เพื่อหาฟังก์ชัน $y = y(x)$ ว่าการแก้สมการอนุพันธ์

ถึงตรงนี้เราลองมาดูสมการอนุพันธ์พื้นฐานที่สุด คือ

(C) $y' = y$

กันก่อน ทำไมถึงบอกว่านี่เป็นสมการ "พื้นฐานที่สุด" ก็เพราะว่าเป็นการหาฟังก์ชัน $y = y(x)$ ที่มีค่าเท่าเดิมเมื่อถูกอนุพันธ์ หรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นการหา "จุดหยุดนิ่ง" ของอนุพันธ์นั่นเอง ต่อไปเราจะได้เห็นว่ารากของสมการ (C) เป็นพื้นฐานของ "อนุพันธ์" อย่างไร นั่นคือจะมีประโยชน์ในการแก้สมการอนุพันธ์ทั่ว ๆ ไป เช่น สมการ (B) ได้อย่างไร

เมื่อพิจารณาสมการ (C) เราก็จะรู้ว่า

$y = Ae^x$ (A เป็นค่าคงที่)

เป็นรากของสมการ เพราะ $y' = Ae^x = y$.

ถ้าให้ $A = x = 1$ เราจะได้ $y = e = 2.718281828459...$ การที่ค่า e ปรากฏอยู่ในสมการอนุพันธ์ "พื้นฐานที่สุด" นี่เองจึงทำให้เราได้พบกับ e บ่อย ๆ ในการคิดคำนวณต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับธรรมชาติ

ในกรณีทั่วไป เรารู้ว่า

$$\frac{d}{dx} e^{y(x)} = y'(x) \cdot e^{y(x)}$$

ที่นี้สมมุติให้ $y(x) = ax$ เราก็จะได้ว่า

$$\frac{d}{dx} e^{ax} = a.e^{ax}$$

ถ้าเราใช้ประโยชน์จากสมการนี้ เราก็จะหารากของสมการ (B) รากหนึ่งได้โดยง่ายดังนี้

กำหนดให้ $y = e^{ax}$, ซ้ายมือของสมการ (B) ก็จะเป็น

$$\frac{d}{dx}\left(\frac{d}{dx} e^{ax}\right) - 3\frac{d}{dx} e^{ax} + 2e^{ax}$$

$$= (a^2 - 3a + 2)\, e^{ax}$$

เพราะฉะนั้น ถ้าจะให้พจน์นี้เท่ากับศูนย์ (ตามสมการ (B)) เราก็จะได้ว่า

$$a^2 - 3a + 2 = 0$$

ซึ่งก็คือสมการ (A) นั่นเอง

เมื่อแก้สมการนี้จะได้ $a = 2$ และ $a = 1$ และได้ว่ารากทั่วไปของสมการ (B) คือ

$$y = Ae^{2x} + Be^x$$

จะเห็นแล้วว่า e ซึ่งปรากฏในรากของสมการอนุพันธ์ "พื้นฐานที่สุด" มีประโยชน์และสำคัญต่อการแก้สมการอนุพันธ์อย่างไร

3. สมการอนุพันธ์และค่า ¶

ถ้าเขียนค่า ¶ จนถึงตำแหน่งที่ 10^8 หลังจุดทศนิยม (ซึ่งได้คำนวณโดย supercomputer โดยกลุ่มอาจารย์ของมหาวิทยาลัยโตเกียว) โดยเว้นตรงกลางจะได้ดังนี้

¶ = 3.1415926535.....5275045519

แน่นอนทุกคนรู้ว่านี่คือค่าของเส้นรอบวงของวงกลมที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 1

เนื่องจากวงกลมเป็นรูปพื้นฐานอันหนึ่งของธรรมชาติ เพราะฉะนั้นการที่เราจะเจอค่า ¶ บ่อย ๆ จึงไม่ใช่เรื่องแปลกอะไร และนอกจากนี้ค่าของ ¶ ยังเกี่ยวข้องกับสมการอนุพันธ์อีกด้วยซึ่งจะแสดงให้เห็นดังต่อไปนี้

ถ้าเราพิจารณาสมการพื้นฐานอีกสมการหนึ่งคือ

(D) $y'' = -y$

และกำหนดให้ $y = e^{ax}$ เช่นเดียวกัน จะได้ว่า

$$a^2 = -1$$

นั่นก็คือ $a = \pm i$

ที่นี้เนื่องจาก

$$\frac{d}{dx}\sin x = \cos x \text{ และ } \frac{d}{dx}\cos x = -\sin x$$

$$\frac{d^2}{dx^2}\sin x = -\sin x \;,\; \frac{d^2}{dx^2}\cos x = -\cos x$$

เราก็จะรู้ว่า

$$y = A\ \cos x + B \sin x \qquad (2)$$

(A และ B คือค่าคงที่ใด ๆ) ก็เป็นรากของสมการ (D) เช่นกัน และเนื่องจากค่า A และ B เป็นค่าอะไรก็ได้ เราจะสรุปได้ว่ารากใด ๆ ของสมการ (D) ก็จะแสดงได้ด้วยพจน์นี้ได้ นั่นคือเราสามารถบอกได้ว่า มีค่า A และ B ที่จะทำให้

$$e^{ix} = A\ \cos x + B \sin x \qquad (3)$$

เป็นจริง จากสมการนี้ถ้าให้ $x = 0$ เราจะรู้ว่า $A = 1$ และอนุพันธ์สมการนี้แล้วให้ $x = 0$ จะรู้ว่า $B = i$. นั่นคือ

$$e^{ix} = \cos x + i\ \sin x \qquad (4)$$

เนื่องจาก sinx, cosx เป็นฟังก์ชันที่มี period เท่ากับ 2¶ เราจะได้ว่า e^{ix} ก็มี period เท่ากับ 2¶ เช่นเดียวกัน

ถ้าให้ x ในสมการ (4) เท่ากับ ¶ เราจะได้ว่า

$$e^{i¶} = -1$$

นี่เป็นสมการที่แสดงความสัมพันธ์พื้นฐานที่สวยงามระหว่างค่าพื้นฐาน 3 ค่าคือ e, ¶ และ i ซึ่งน่าพิศวงไม่น้อยเลยทีเดียว

จะเห็นได้ว่าค่า ¶ ซึ่งถือกำเนิดมาจากเรขาคณิต และค่า e และ i ที่ถือกำเนิดจากคณิตศาสตร์วิเคราะห์ มีความสัมพันธ์กันอย่างลึกซึ้งลงไปในส่วนลึกของธรรมชาติ และนี่ก็อาจจะเป็นเหตุผลที่ทำไม e และ ¶ จึงสามารถอธิบายธรรมชาติได้

คุณคงซาบซึ้ง, ทึ่ง และอยากจะคิดเกี่ยวกับความสัมพันธ์เหล่านี้มากขึ้นพอดู จริงไหมครับ

ว.วิทย มข. 23(3) : 170-173 (2538)

เสริมทักษะวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

ตอน "ว่าด้วยออกซิเจนในน้ำ"

*พิสิฏฐ์ เจริญสุดใจ**

เสริมทักษะในฉบับนี้เป็นตอนที่แตกต่างออกไปจากฉบับอื่น ๆ ซึ่งเคยแบ่งตามรายวิชาที่ใช้ในการออกข้อสอบโควต้า หรือสอบเอนทรานซ์ ที่บอกว่าฉบับนี้มาแปลกก็เพราะว่าวิชาทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมเป็นวิชาที่อยู่ท่ามกลางวิชาทั้งหลาย ทั้งวิชาทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ สาธารณสุข และอื่น ๆ โดยเฉพาะในหลักสูตรระดับมัธยมศึกษาตอนปลายก็แยกกันเรียนทั้งในวิชาเคมีและชีววิทยา ดังนั้นก่อนที่จะเสริมทักษะทางเคมี และชีววิทยาในฉบับต่อไป ก็มาเสริมในสาขาวิชานี้เสียก่อน เท่ากับเป็นการยิงครั้งเดียวแต่ได้นกสองตัว หัวข้อที่จะเสริมความรู้ในฉบับนี้ คือเรื่องออกซิเจนในน้ำ ซึ่งเป็นบทที่สำคัญ มักจะสับสน จึงเป็นเหตุให้ถูกนำมาออกข้อสอบอยู่บ่อย ๆ

ออกซิเจนเป็นกาซที่สำคัญที่สุดในกระบวนการหายใจแบบใช้ออกซิเจน ซึ่งเป็นวิธีการหายใจของสิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่ โดยเซลของสิ่งมีชีวิตใช้ออกซิเจนเป็นตัวรับอิเลคตรอน หรือ ไฮโดรเจน เป็นตัวสุดท้ายในขั้นตอนของกระบวนการลูกโซ่ของการขนส่งอิเลคตรอน (electron transporting chain) ซึ่งทำให้ได้ผลผลิตสุดท้ายเป็นน้ำ

ออกซิเจนละลาย (dissolved oxygen: DO)

ถ้าพิจารณาถึงธรรมชาติของออกซิเจนที่ละลายในน้ำ จะพบว่าออกซิเจนเป็นกาซที่ละลายในน้ำได้ในระดับปานกลาง ในการรายงานปริมาณของออกซิเจนละลายนั้นนิยมใช้หน่วยเป็นส่วนในล้านส่วน (ppm), มิลลิกรัมต่อลิตร (mg/l) หรือกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (g/m^3) และความสามารถในการละลายของออกซิเจนในสารละลายชนิดต่าง ๆ นอกจากจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของสารละลายแล้ว ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยทางภูมิอากาศอีกสองปัจจัย คือ อุณหภูมิ และความกดดันอากาศ เมื่อความกดดันอากาศเพิ่มขึ้น ออกซิเจนจะสามารถละลายน้ำได้เพิ่มขึ้น แต่ในทางตรงกันข้าม ถ้าสารละลายมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ความสามารถในการละลายจะลดลง ตัวอย่างเช่น ปริมาณออกซิเจนละลายอิ่มตัวในน้ำบริสุทธิ์จะมีค่าเท่ากับ 14 mg/l ที่ $0^{o}C$, หรือ 9 mg/l ที่ $20^{o}C$ หรือ 7.6 mg/l ที่ $30^{o}C$ ถ้าในน้ำนั้นมีสารประกอบอื่นเจือปน ก็จะมีปริมาณออกซิเจนละลายได้ลดลง เช่นในน้ำทะเลที่อุณหภูมิ $20^{o}C$ อาจจะมีออกซิเจนละลายลดลงเหลือแค่ 7 mg/l เป็นต้น นอกจากนี้การละลายของออกซิเจนอาจมีค่ามากกว่าจุดอิ่มตัวโดยทั่วไปของน้ำก็ได้ ซึ่งเรียกว่า จุดอิ่มตัวยวดยิ่ง (supersaturation) ของน้ำบางครั้งอาจสูงถึงสองเท่าของจุดอิ่มตัวปกติ เช่นในสภาวะที่เป็นน้ำจืดและมีน้ำไหลรุนแรงในเขตลำธาร

* ภาควิชานิเวศวิทยาสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002 ประเทศไทย

ต้นน้ำ แสงแดดจัด อุณหภูมิน้ำต่ำ และมีสาหร่ายหรือพืชน้ำในบริเวณนั้นหนาแน่น

ออกซิเจนในอากาศจะมีสมดุลกับออกซิเจนในน้ำโดยผ่านกระบวนการต่าง ๆ เช่น การแพร่ การกวน การกระแทกของน้ำเข้ากับโขดหิน หรือการละลายของออกซิเจนในเม็ดฝนระหว่างที่ฝนตก เป็นต้น ถ้าสังเกตแล้วการที่ออกซิเจนในอากาศจะสามารถละลายลงในน้ำได้มากหรือน้อยขึ้นกับพื้นที่ผิวของน้ำที่สัมผัสอากาศ ดังนั้นในลำธารเล็ก ๆ ที่มีกระแสน้ำไหลวนอย่างรุนแรงมีโขดหิน หรือน้ำตกก็จะมีออกซิเจนละลายอยู่มาก แต่ในทางตรงกันข้ามแม่น้ำลำคลองที่ไหลเอื่อย ๆ ก็จะมีออกซิเจนละลายอยู่น้อย

ดังนั้นในการใช้ค่าออกซิเจนละลายในน้ำเป็นตัวบอกค่าความสกปรกของน้ำจึงเป็นค่าที่ไม่ค่อยแน่นอน (อาจจะใช้บอกคร่าว ๆ ได้) เพราะมีปัจจัยต่าง ๆ หลายอย่างดังกล่าวมาข้างต้นและยังขึ้นอยู่กับการใช้ประโยชน์ของแหล่งน้ำนั้น ๆ เช่น ถ้าใช้เพื่อการสัญจร อาจจะมีค่าออกซิเจนละลายไม่ต้องสูงนัก โดยทั่วไปมักใช้ตัวเลข 3 mg/l เป็นตัวกำหนด ถ้าค่าออกซิเจนละลายสูงกว่านี้ถือว่าน้ำนั้นพอใช้ได้ แต่ถ้าต่ำกว่านี้จะถือว่าเป็นน้ำเสีย

ค่าความต้องการออกซิเจนของน้ำโสโครก

ปัญหาหลักที่สำคัญของสิ่งปนเปื้อนที่ทำให้น้ำในแม่น้ำลำคลองสกปรกคือ ของเสียจากแหล่งชุมชน โดยประมาณแล้ว สาเหตุของน้ำเสียถึง 75% มาจากแหล่งชุมชน ของเสียเหล่านี้ส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ (มีสารประกอบของคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นหลักและสามารถย่อยสลายได้) ดังนั้นเมื่อของเสียเหล่านี้ถูกทิ้งลงสู่แหล่งน้ำก็จะถูกจุลินทรีย์ประเภทใช้ออกซิเจนทำการย่อยสลายก่อน ระหว่างนั้นออกซิเจนก็ค่อย ๆ ถูกใช้หมดไป ถ้าสารอินทรีย์ยังมีเหลืออยู่ก็จะถูกจุลินทรีย์ในกลุ่มที่ไม่ใช้ออกซิเจนมาทำการย่อยสลายต่อ (เพราะว่ากลุ่มของจุลินทรีย์ประเภทใช้ออกซิเจนทำงานไม่ได้เมื่อไม่มีออกซิเจน) ผลจากการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนจะได้กาซต่าง ๆ ที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กาซมีเธน กาซไฮโดรเจนซัลไฟด์และอื่น ๆ ขึ้นอยู่กับว่าจุลินทรีย์นั้นจะใช้สารใดเป็นตัวรับอิเลคตรอนเป็นตัวสุดท้ายของกระบวนการหายใจ (ส่วนใหญ่ใช้กำมะถัน จึงได้ผลผลิตเป็นกาซไฮโดรเจนซัลไฟด์) ดังนั้นโดยสรุปแล้วถ้าน้ำนั้นมีออกซิเจนละลายต่ำอยู่เป็นทุนเดิม หรือมีสารอินทรีย์เจือปนอยู่มากก็จะมีผลให้น้ำนั้นเกิดภาวะที่เน่าเสีย

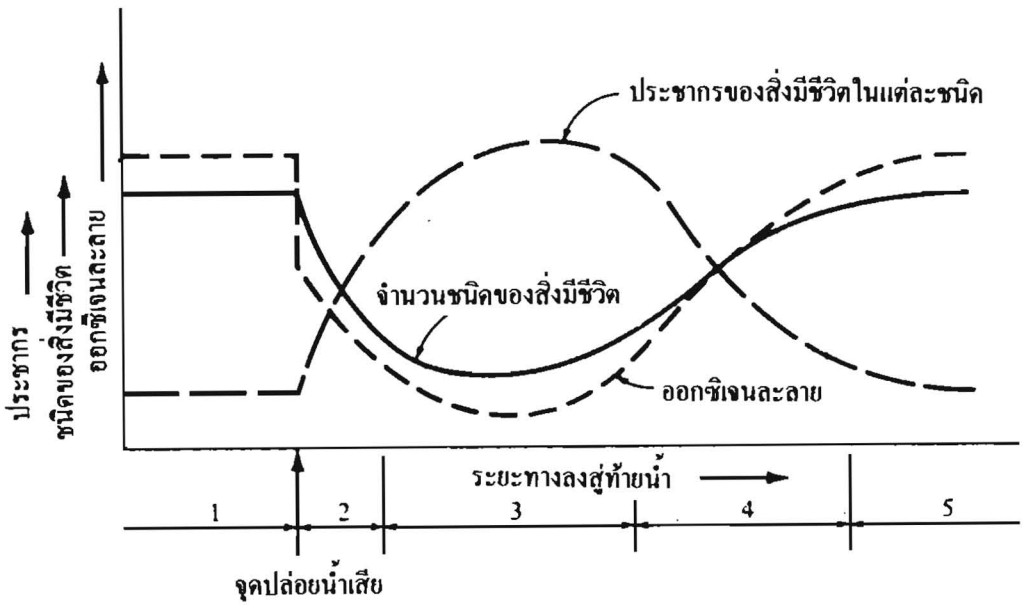
เพื่อที่จะสามารถบอกได้ว่าน้ำนั้นเน่าเสียแน่นอนขึ้น นักวิทยาศาสตร์จึงพยายามหาวิธีการรายงานผลของปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำ ในรูปของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์รวม (total organic carbon ; TOC) แต่ก็ได้มีข้อขัดแย้งว่าค่าของมันอาจไม่ถูกต้องตามที่เป็นจริง เพราะคาร์บอนอินทรีย์อาจไม่ถูกย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์ในน้ำก็ได้ ซึ่งถ้าไม่ถูกย่อยสลายก็จะทำให้น้ำไม่สูญเสียออกซิเจน ดังนั้นจึงมีผู้ค้นหาวิธีการรายงานถึงปริมาณของสารอินทรีย์ที่เจือปนอยู่ในน้ำ ในรูปของความต้องการออกซิเจนเพื่อใช้ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำนั้น ซึ่งค่านี้จะสะท้อนถึงความเป็นจริงมากกว่า

ปริมาณความต้องการออกซิเจน อาจแบ่งง่าย ๆ ออกเป็น 2 ประเภท คือ ความต้องการออกซิเจนทางเคมี (Chemical oxygen demand ; COD) และความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (Biochemical oxygen demand ; BOD) ซึ่งจากชื่อทั้งสองก็จะค่อนข้างเด่นชัดว่า COD นั้นจะวัดว่าถ้าจะย่อยสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำนั้นโดยวิธีการทางเคมีจนหมดจะต้องใช้ออกซิเจนไปกี่มิลลิกรัมต่อลิตร และในทำนองเดียวกัน BOD ก็ใช้กระบวนการทางชีวเคมีของจุลินทรีย์ (ซึ่งก็คือกระบวนการหายใจระดับเซลนั่นเอง) และจากเหตุผลที่สารอินทรีย์ทั้งหมดในน้ำนั้นมีบางส่วนไม่สามารถย่อยสลายได้

ด้วยจุลินทรีย์ธรรมดาที่อยู่ในน้ำในระยะเวลาจำกัดได้ ทำให้ค่า COD มีค่าสูงกว่า BOD เสมอ แต่เพราะเหตุว่า COD ใช้เวลาในการวิเคราะห์สั้นมาก เพียงแค่ 2-3 ชั่วโมงเมื่อเทียบกับ BOD ที่มักใช้เวลา 5 วัน จึงทำให้ COD ยังคงได้รับความนิยมอยู่

การเปลี่ยนแปลงของออกซิเจนตามลำน้ำ

ถ้าลองจินตนาการถึงแม่น้ำสายหนึ่งมีน้ำเสียที่เป็นสารอินทรีย์ปล่อยลงสู่แม่น้ำนั้น จุลินทรีย์ในน้ำก็จะย่อยสลายสารเหล่านั้นโดยกระบวนการแบบใช้ออกซิเจน และปริมาณออกซิเจนละลายถูกใช้ไปมากกว่าออกซิเจนที่ละลายลงในน้ำ ทำให้ออกซิเจนในน้ำลดลงอย่างรวดเร็วตามระยะทางลงสู่ท้ายน้ำ เมื่อสารอินทรีย์เหลือปริมาณน้อยลงก็ทำให้ออกซิเจนถูกใช้น้อยลงด้วย จนเมื่อสารอินทรีย์สลายตัวหมดเมื่อนั้นความต้องการใช้ออกซิเจนเพื่อใช้ย่อยสลายสารก็เป็นศูนย์ ดังนั้นที่ระยะทางเพิ่มขึ้นต่อไป ออกซิเจนที่ละลายลงสู่แม่น้ำก็จะมากกว่าที่ถูกใช้ไป ทำให้น้ำมีออกซิเจนละลายเพิ่มขึ้น และถ้าไม่มีสารอินทรีย์ลงมาเพิ่มอีกก็จะทำให้ออกซิเจนละลายเท่ากับสภาวะปกติ ลักษณะการลดลงและเพิ่มขึ้นนี้เรียกว่า กราฟการหย่อนลงของออกซิเจน (oxygen sag curve) ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 การหย่อนลงของออกซิเจนในแม่น้ำเมื่อมีสารอินทรีย์ปนเปื้อน [1] ช่วงที่ 1 และ 5 เป็นสภาวะปกติ ช่วงที่ 2 เป็นช่วงที่มีการย่อยสลายสารอินทรีย์อย่างรวดเร็ว ช่วงที่ 3 เป็นช่วงที่ออกซิเจนในน้ำใกล้จะหมด และช่วงที่ 4 เป็นช่วงฟื้นตัวเพื่อกลับสู่สภาวะปกติ

แต่ในสภาพการณ์ที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน ปรากฏว่าตลอดแนวของแม่น้ำลำคลองที่ผ่านแหล่งชุมชนก็มีสารอินทรีย์ถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำตลอดเวลา จึงทำให้ระดับของออกซิเจนลดลงอยู่ในระดับต่ำตลอดเวลาด้วย เมื่อออกซิเจนต่ำมากเกินกว่าที่แบคทีเรียประเภทใช้ออกซิเจนจะย่อยสลายสารเหล่านั้น แบคทีเรียพวกที่ไม่ใช้ออกซิเจนก็จะทำงานแทนที่ ทำให้เกิดสารที่มีกลิ่นไม่พึงประสงค์ และขณะเดียวกันอิอนซัลไฟด์จากกระบวนหายใจแบบนี้ ก็จะรวมตัวเกิดปฏิกิริยากับโลหะต่าง ๆ ที่อยู่ในน้ำ ทำให้น้ำนั้นมีสีดำ

เอกสารอ้างอิง

1. Kemmer, F.N. (1979). **The NALCO Water Handbook.** New York : McGraw-Hill

คอลัมน์นี้มีรางวัล

คอลัมน์นี้มีรางวัล

นาย TONY

สวัสดีครับทุกท่าน

ปัจจุบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของบ้านเมืองเราได้เจริญรุดหน้ามากจนตามแทบไม่ทันอย่างไรก็ตามวารสารฯของเราเองก็ได้พยายามปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงให้ก้าวทันโลกเช่นเดียวกัน หากท่านไม่เชื่อ... ขอให้ลองติดตามอ่านได้ในวารสารฯ ของเรา และหากท่านมีข้อเสนอแนะอะไร ขอได้โปรดอย่ารีรอ...รีบส่งข้อแนะนำเหล่านั้นมาเรายินดีน้อมรับและปรับปรุงให้ดีขึ้นตามข้อเสนอนั้น ๆ

จากคำถามฉบับที่แล้ว ถามว่า "ตลาดนัดเทคโนโลยี จัดขึ้นที่ไหน"นั้น คำตอบคือ จัดขึ้นที่ ศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ กรุงเทพมหานคร ผู้ตอบถูกมีรายนามต่อไปนี้ 1. คุณอนุเทพ ภาสุระ 2. คุณศิริรัตน์ คงสมบูรณ์ 3. คุณสุพรรณี อุดมรัตน์ 4. คุณปราโมทย์ โสภา และ 5. คุณรณสิทธิ์ มณีไสย์ ส่วนของรางวัลนั้น ได้จัดส่งไปให้แล้ว หากยังไม่ได้รับ โปรดแจ้งให้ทางเราทราบด้วย เพื่อจะได้จัดส่งไปให้ใหม่

ส่วนคำถามประจำฉบับนี้ คงจะเป็นคำถามควันหลงจากงานสัปดาห์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ แต่ถึงไม่ได้ชมงานก็สามารถค้นหาคำตอบได้จากแหล่งความรู้ทั่ว ๆ ไป เช่น จากบทความในเล่มนี้

คำถาม

1. ท่านคงจะพอทราบว่า จะเกิดสุริยุปราคาเต็มดวงในประเทศไทยในเดือนตุลาคมศกนี้ อยากทราบว่า **เกิดวันที่เท่าไหร่** (ง่ายมาก)

2. **จังหวัดใดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ** สามารถมองเห็นการเกิดสุริยุปราคาเต็มดวงในครั้งนี้ได้ (ตอบมา 1 จังหวัด)

เมื่อทราบคำตอบแล้ว ส่งมาทางไปรษณีย์บัตร โดยจ่าหน้าซองถึงวารสาร วิทยาศาสตร์ มข. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002 และวงเล็บมุมซองว่า "คอลัมน์นี้มีรางวัล"

หมดเขต 30 พฤศจิกายน 2538

นาย TONY
กองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์ มข.
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40002

(วงเล็บว่าคอลัมน์นี้มีรางวัล)

แล้วพบกันใหม่ฉบับหน้า

สวัสดีครับ นาย TONY

ว.วิทย มข. 23(3) : 175-180 (2538)

เก็บตก...งานสัปดาห์วิทยาศาสตร์ ปี'38

ตอน

"เทคโนโลยีสารสนเทศก้าวไกล เศรษฐกิจไทยมั่นคง"

นาย TONY

กระผมนาย TONY ได้รับมอบหมายจากท่านหัวหน้าบรรณาธิการ ให้ช่วยเขียนเรื่องเกี่ยวกับงานสัปดาห์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ ปี 2538 ซึ่งจัดขึ้น ณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ในระหว่างวันที่ 15-18 สิงหาคม 2538 เมื่อท่าน บ.ก. เอ่ยปากให้ช่วย ผมในฐานะลูกน้องจึงรีบรับปากอาสาเขียนให้ ท่าน บ.ก. ยังย้ำนักย้ำหนาว่า ให้เขียนเรื่องเกี่ยวข้องกับหัวข้อ "เทคโนโลยีสารสนเทศก้าวไกล เศรษฐกิจไทยมั่นคง" อีกด้วย

พอรับปากมาแล้ว ตกตอนกลางคืนกลับกังวลและเป็นห่วงในหัวข้อที่จะเขียน เนื่องจากผมเองไม่ค่อยสันทัดและถนัดทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศมากนัก แต่อย่างไรก็ตาม นาย TONY ชะอย่าง ก็ขอลองดูสักตั้ง แม้จะทำให้นอนไม่ค่อยจะหลังนัก ท้ายสุดก็เผลอหลับไปจนได้ด้วยความอ่อนเพลีย

รุ่งเช้าของวันที่ 15 สิงหาคม 2538 ผมรีบผวาตื่นด้วยเสียงนาฬิกาที่ตั้งปลุกไว้ตอน 7 โมงครึ่ง รีบกุลีกุจออาบน้ำแต่งตัว เนื่องจากวันนี้เป็นวันแรกของการจัดงานสัปดาห์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ หลังจากทำธุระส่วนตัวเสร็จแล้ว จัดการบึ่งรถยนต์คู่ใจไปยังคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ถึงบริเวณคณะฯ ปาไปตั้ง 8 โมง 45 หลังจากหาที่จอดรถเรียบร้อยแล้ว เนื่องจากผมยังไม่รู้รายละเอียด มากนักของบริเวณจัดงาน **ด้วยสายตาที่สอดส่ายและหูตาที่คอยดักฟัง** จึงมองเห็นและได้ยินเสียงแว่ว ๆ ว่า...แจกสูจิบัตรการจัดงาน ที่เต้นท์ประชาสัมพันธ์ จากเสียงนักศึกษาสาว ๆ... ผมก็รีบเดินตรงไปยังเสียงที่ประกาศนั้นโดยมิชักช้า นักศึกษาสาวคนหนึ่งยื่นสูจิบัตรเล่มสีเหลืองมาให้ ผมรีบเปิดดูและอ่านรายละเอียดข้างในทันที ทำให้พอจะทราบว่ามีการจัดงานอยู่สองตึก คือ ตึก SC.03 (อาคารชีววิทยา) และ SC.07 (อาคารใหม่) ผมก็ตัดสินใจเดินไปตึก SC.07 โดยไม่ลังเล เนื่องจากมีการแสดงนิทรรศการและผลงานทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศเป็นส่วนใหญ่ ตรงตามที่ท่าน บ.ก.ได้เน้นไว้

ภาพที่ 1 การแข่งขันตอบปัญหาวิทยาศาสตร์

ตึก SC.07 มีงานและการแสดงนิทรรศการมากมาย โดยเฉพาะชั้น 1 มีผู้คนชมงานทะยอยเดินเข้ามาจนแน่น และส่วนใหญ่คนมักจะเข้ามาดูการประกวดโครงงานทางวิทยาศาสตร์ ไม่ว่าทั้งระดับมัธยมตอนต้นหรือตอนปลาย ผมเห็นคนพลุกพล่านมาก จึงเดินหนีไปยืนมองดูนิทรรศการของภาควิชาจุลชีววิทยา ซึ่งมีหัวข้อเกี่ยวกับเทคโนโลยีสารสนเทศด้วย แต่คนเยอะมาก จึงเปลี่ยนใจเพราะไม่อยากเบียดคนจำนวนมาก ตัดสินใจขึ้นไปชั้น 4 โดยใช้ลิฟท์ ซึ่งมีผู้ร่วมในลิฟท์อีก 4 คน ในใจก็ยังนึกอยู่ว่าจะกลับมาดูที่ชั้น 1 อีกครั้ง ขณะอยู่ในลิฟท์ไม่ว่างเว้นยังหยิบสูจิบัตรเพื่อนซี้มาดูว่าชั้น 4 จะมีการแสดงของอะไรบ้างจนลิฟท์เปิดออก ผมไม่สนใจอะไรเลยรีบเดินเลี้ยวซ้ายเข้าห้องประชุมใหญ่ที่ชื่อ**ห้องประชุมพิมล กลกิจ** เป็นห้องโถงใหญ่กว้างมาก คงจะบรรจุคนเข้าชมได้หลายร้อยคน ห้องนี้มีการแสดงของหน่วยงานต่าง ๆ ตามเท่าที่จะมองเห็นก็มี 5-6 ส่วนด้วยกัน ผมเดินตรงดิ่งไปยังบริเวณที่มีจานดาวเทียมสีขาวอันใหญ่ กว้างสัก 5 เมตรกระมัง เป็นการแสดงนิทรรศการของ**การสื่อสารแห่งประเทศไทย** หรือ **กสท.**นั่นเอง ผมชอบส่วนนี้เพราะทำให้ผมรู้และเข้าใจเทคโนโลยีใหม่ในการติดต่อสื่อสารสมกับหัวข้อในการจัดงานมาก สิ่งที่ทำให้ผมทราบก็คือ ข้อเปรียบเทียบของ**ระบบสื่อสารของดาวเทียมกับระบบเคเบิ้ลใยแก้วใต้น้ำ**ว่าต้นทุนของระบบเคเบิ้ลใยแก้วนั้นมีแนวโน้มจะลดต่ำลง เพราะมีการพัฒนาให้มีความจุสูงและมีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่า นอกจากนั้นยังมีความจุมากกว่าระบบดาวเทียมอีกด้วย ถึงแม้ว่าระบบดาวเทียมจะมีราคาลดลงก็ตาม แต่ก็ใช้เชื้อเพลิงในการส่งสูงและอายุการใช้งานก็ไม่ยาวนานเท่าเคเบิ้ลใยแก้ว และที่สำคัญคือ ระบบเคเบิ้ลใยแก้วไม่มีปัญหาเรื่องการซ่อมเมื่อชำรุด และไม่มีปัญหาเรื่องตำแหน่งโคจรของดาวเทียมที่ใช้ ถ้าเป็นเช่นนั้นในอนาคตดาวเทียมไทยคมที่ปล่อยออกไป 2 ดวงนั้นคงจะไม่มีดาวเทียมไทยคม 3 เพิ่มอีกกระมัง เพราะการสื่อสารจะนิยมใช้ระบบเคเบิ้ลใยแก้วใต้น้ำแทน ซึ่งก็ดีเหมือนกันจะได้ไม่มีขยะอวกาศ ดาวเทียมหมดอายุอีก (ผมได้แต่นึกอยู่ในใจ) นอกจากนั้น กสท. ยังได้นำ**เครื่องรับโทรศัพท์ที่ใช้ติด**ต่อระหว่างประเทศมาแสดงให้ดู เป็นแบบใช้บัตร Credit Card Phone และแบบใช้บัตร CAT Executive Telecard International (ตู้สีเหลือง) ทำให้ติดต่อไปยังต่างประเทศได้สะดวกสบายมากขึ้น ซึ่งนับว่าเป็นสิ่งที่ดี สมกับสโลแกนของ กสท. ที่ว่า *เครือข่ายทั่วไทย โยงใยทั่วโลก* (ผม...นาย TONY ไม่มีส่วนได้ส่วนเสียในการโฆษณานี้นะครับ)

ถัดมาจากนิทรรศการของ กสท. อีก 1 ล๊อค ก็คือ งานแสดงจาก**สำนักวิทยบริการ**มหาวิทยาลัยขอนแก่น ซึ่งภายหลังจากการอ่านข้อมูลและสอบถาม ทำให้ผมมีความรู้อีกว่าขณะนี้หอสมุดกลางของมหาวิทยาลัยได้ให้บริการค้นข้อมูลจากฐานข้อมูล CD-ROM ในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (LAN) เป็นที่เรียบร้อยแล้ว โดยใช้ Novell Network ที่เป็นโปรแกรมควบคุมระบบและเคเบิ้ลในลักษณะ 10 Base T เชื่อมโยง Workstation ณ จุดต่าง ๆ ภายในหอสมุดกลาง ซึ่งช่วยให้ห้องสมุดสามารถขยายบริการได้มากขึ้น โดยผู้ใช้ห้องสมุดสามารถใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ในการค้นคว้าข้อมูลด้วยตนเองตามจุดต่าง ๆ ได้พร้อมกันหลายคน นอกจากนั้นปัจจุบันสำนักวิทยบริการยังให้บริการสืบค้นข้อมูลจาก CD-ROM ในระบบออน-

---

CD-ROM (Compact Disk Read Only Memory) เป็นแผ่นโลหะทรงกลม ทำด้วยอะลูมิเนียมเคลือบผิวด้วยพลาสติกโพลีคาร์บอเนต ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 เซนติเมตร บันทึกและอ่านข้อมูลด้วยแสงเลเซอร์ ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้เท่ากับแผ่น diskette จำนวน 1,500 แผ่น หรือคิดเท่ากับกระดาษขนาด A4 ประมาณ 250,000 หน้า (600 ล้านตัวอักษร)

ไลน์ โดยผ่านสายโทรศัพท์และโมเด็ม (Modem) ดังนั้นผู้ใช้ที่อยู่ตามบ้านพักหรือในคณะต่าง ๆ สามารถสืบค้นได้ตลอด 24 ชั่วโมง.... งั้นต่อไปผมคงไม่ต้องเข้าห้องสมุดอีกแล้ว เพียงแต่มีเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ต่อเข้ากับระบบของสำนักวิทยบริการแหม! เทคโนโลยีสมัยใหม่เนี่ยะให้อะไรที่แสนสะดวกสบายเหลือเกิน สมกับเป็นยุคโลกาภิวัตน์จริง ๆ

ภาพที่ 2 บรรยากาศในงานสัปดาห์วิทยาศาสตร์'38

ไม่ไกลจากการแสดงงานของสำนักวิทยบริการและ กสท. ผมมองเห็นแผ่นโปสเตอร์แสดงภาพถ่ายแผนที่ด้วยดาวเทียมเรียงแถวเป็นจำนวนมาก โดยได้รับความร่วมมือจาก**ศูนย์รีโมทเซนซิ่งและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และศูนย์คอมพิวเตอร์** มหาวิทยาลัยขอนแก่น ซึ่งนำเทคโนโลยีระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาแสดง โดยมีการประยุกต์ใช้นอกเหนือจากการทำแผนที่จากดาวเทียมก็คือ สามารถเชื่อมโยงข้อมูลที่จะอธิบายภาพแผนที่ ที่สามารถให้คำตอบของเนื้อที่ ขอบเขต ระยะทาง สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในเชิงพื้นที่ ตลอดจนซ้อนข้อมูลพื้นที่ได้หลายชั้นข้อมูล ซึ่งต่อไปในอนาคตมหาวิทยาลัยขอนแก่น จะเป็นสถาบันหลักของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ที่ได้นำเอาเทคโนโลยีระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และการสำรวจทรัพยากรด้วยดาวเทียมมาใช้เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยี สร้างฐานข้อมูลพื้นที่และการวิจัยระดับสูง.... ทำให้ผมอดรู้สึกภูมิใจและดีใจในการที่มหาวิทยาลัยเป็นผู้นำของเทคโนโลยีทางด้านนี้ไม่ได้เสียแล้ว จึงเดินดูแผนที่ภูมิศาสตร์เหล่านี้ด้วยใจจดจ่ออยู่เป็นเวลานานพอสมควร

ภาพที่ 3 ผลการประกวดวาดภาพทางวิทยาศาสตร์

เดินไปเดินมาซักเมื่อยและรู้สึกหิวซะแล้ว เนื่องจากตอนเช้ารีบร้อนไปหน่อย จึงไม่มีอะไรใส่ท้องเลย แต่ก็พอทนได้แม้เวลาจะล่วงเลยไปตั้ง 10 โมงกว่าแล้วก็ตาม หลังจากเดินออกจากห้องประชุมพิมล กลกิจ ด้านหน้านั้นมีการตั้งโต๊ะจำหน่ายหนังสือคอมพิวเตอร์ ของ**โรงเรียนคอมพิวเตอร์ขอนแก่น** ซึ่งได้รับรางวัลเกียรติยศรางวัลพระราชทาน ปี 2538 นี้เอง ผมชอบตรงที่สามารถร้องเพลงคาราโอเกะจากเครื่องคอมพิวเตอร์ปกติเสียงผมไม่ค่อยดี ร้องเพลงไม่เพราะ แต่ถ้าใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ เข้าช่วยอาจร้องเพลงไพเราะขึ้นมาก็ได้ ผมยืนมองการแสดงของเจ้าคอมพิวเตอร์ชุดนี้อยู่สักพัก แล้วก็ร้องเพลงฮัม ๆ (เพลง "คนแรก" ของเจมส์) อยู่ในใจ จากนั้นก็เดินตรงไปยัง**บริษัทกู๊ดลัคอิมปอร์ตเอ็กสปอร์ต** ที่นำเครื่องคอมพิวเตอร์มาแสดงและจำหน่าย รุ่นใหม่กระทัดรัด น่าสนใจ

มากทั้งแบบตั้งโต๊ะและกระเป๋าหิ้ว ให้ภาพสวยคมชัด ราคาก็ไม่แพงมากนัก เพราะลดราคาให้ในช่วงนี้ ผมหน่ะอยากได้แต่กระเป๋าแฟบ จึงได้แต่มองดูกลุ่มนักเรียนที่มายืนรุมล้อมเล่นเกมส์คอมพิวเตอร์กันด้วยความมัน สักครู่ผมเองก็เดินออกไปดูอีกบริษัทหนึ่งคือ **บริษัททีเอสคอมพิวเตอร์** ได้นำเครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องรับโทรศัพท์และโทรสารมาจำหน่าย และมีการแสดงโปรแกรมคอมพิวเตอร์ให้ดู และที่ไม่เคยพลาดคือ เกมส์คอมพิวเตอร์ ซึ่งห้องนี้ก็มีนักเรียนจำนวนไม่น้อยที่เข้ามาใช้บริการเช่นกัน ในขณะที่ผมยืนทึ่งในความสามารถของเจ้าคอมพิวเตอร์ชุดนี้อีกหลายนาที

หลังจากนั้นผมก็เดินออกไป ในขณะที่มีนักเรียนอีกกลุ่มกำลังเดินสวนทางเข้ามาในห้องนี้พอดี ผมหยิบสูจิบัตรเล่มเก่า..คู่ชีพ ขึ้นมาดูอีกครั้งว่า ชั้น 3 ของตึกนี้มีการแสดงผลงานหรือนิทรรศการอะไร จึงรีบเดินลงชั้น 3 ทันที เป็นการแสดงนิทรรศการทางวิชาการ ภาควิชาต่าง ๆ ของคณะวิทยาศาสตร์ อาทิเช่น ภาควิชาเคมี ชีวเคมี วิทยาการคอมพิวเตอร์ สถิติ และคณิตศาสตร์ ซึ่งเรื่องที่ผมเขียนนี้จะเกี่ยวข้องกับ 3 ภาควิชาท้าย ๆ เป็นส่วนใหญ่ ผมจึงเลี้ยวซ้ายฝ่าฝูงชนจำนวนมากแออัดตามทางเดิน แล้วเดินตรงดิ่งเข้าไปในห้องสุดท้าย เป็น**เกมส์ทางคณิตศาสตร์** อุปกรณ์ส่วนใหญ่ทำด้วยไม้ เด็กเล็กเด็กน้อยส่วนใหญ่กำลังสนุกกับเกมส์ต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นเกมส์ตารางเหมือนหมากฮอส ซึ่งทำเป็นสีต่าง ๆ สวยงาม หรือเป็นเกมส์แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ต้องใช้หัวคิด หรือเชาว์ปัญญา หรือจิตนาการเข้าช่วย ผมจ้องมองดูเด็กนักเรียนคนหนึ่งยืนเล่นอยู่กับเพื่อนอีกคนหนึ่ง เห็นเล่นกันอยู่พักนึงแต่ก็ไม่สำเร็จสักที ผมเองก็เอาใจช่วยอยู่ห่าง ๆ แต่ก็ไม่กล้าเล่นเอง เพราะกลัวหน้าแตก หมอไม่รับเย็บ จึงได้แต่มองดูซึ่งก็เพลิดเพลินดี (อ้าว! แล้วมันไปเกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีสารสนเทศก้าวไกล เศรษฐกิจไทยมั่นคงไปได้อย่างไร) เกมส์คณิตศาสตร์ในห้องนี้สามารถดึงดูดคนได้เป็นจำนวนมาก ทำให้ผมพลอยสนุกไปด้วย จนลืมความหิวไปได้ชั่วขณะ

เดินย้อนกลับมาที่**ห้องแสดงคอมพิวเตอร์สร้างสื่อการสอน** ผมได้ทราบว่าคอมพิวเตอร์มีบทบาทสำคัญต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์ในทุกด้าน (ใครไม่มีถือว่าเชยแล้ว) โดยเฉพาะด้านการศึกษา คอมพิวเตอร์ช่วยพัฒนาคุณภาพในด้านการเรียนการสอน โดยนำมาใช้เป็นสื่อช่วยสอน (Computer Assisted Instruction หรือเรียกย่อ ๆ ว่า CAI) ผมทราบอีกว่า สื่อนี้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องนานแล้ว โดยผสมผสานสื่อต่าง ๆ เช่น จอภาพ วิดีทัศน์ CD-ROM เครื่องดนตรี รวมออกมาเพื่อใช้ประโยชน์ในการนำเสนอหรือช่วยสอน ซึ่งสื่อผสมนี้ทำให้ประสาทสัมผัสได้มากกว่าแบบเดิม นั่นคือ**จะได้ภาพที่มีสีสัน ได้ภาพเคลื่อนไหว พร้อมเสียงดนตรีหรือเสียงพูด** ที่นำเสนอออกมาในเวลาพร้อมกัน ดังนั้นสื่อแผนใหม่นี้จึงดึงดูดความสนใจและทำให้เกิดความเข้าใจได้มากกว่าแบบเดิม (อย่างที่เห็นเครื่องคอมพิวเตอร์ที่บริษัทนำมาแสดงบนชั้น 4 นั่นแหละ) และใกล้เคียงกับชีวิตประจำวันของมนุษย์ที่ต้องการความบันเทิงควบคู่ไปกับการเรียน โดยโปรแกรมที่นำมาแสดงในครั้งนี้ ได้แก่**การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนเคมี** เป็นโปรแกรมแบบง่าย ๆ สีสวย ๆ เช่นการเลือกอุปกรณ์เครื่องแก้วที่สำคัญทางเคมี ซึ่งผู้ใช้สามารถทดสอบได้ด้วยตนเองอย่างสนุกสนานและเพลิดเพลิน ที่กล่าวเช่นนั้นเพราะว่าผมสังเกตเห็นนักเรียนคนหนึ่งกำลังนั่งทดสอบความสามารถของตนเองอยู่ด้วยใจจดใจจ่อ ไม่ง่วงเหงาหาวนอนเหมือนเรียนในห้องเรียนเลย (ไม่เหมือนผมที่ชอบง่วงนอนตอนเรียนหนังสือ) นอกจากนั้นโปรแกรมช่วยสอนอีกอย่างคือ โปรแกรม MKCAI ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของระบบโปรแกรมชุดคำสั่งสำเร็จรูปภาษาไทย *"เมี่ยงคำ ม.ข."* หรือ *"MKMK"* ที่พัฒนาโดยคณาจารย์จากภาควิชาฟิสิกส์ คณะ

วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่นนี่เอง เป็นโปรแกรมที่ใช้ง่าย และไม่จำเป็นต้องลงทุนกับอุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ มากนัก ผมเองก็ตื่นเต้นสนใจกับการพัฒนาโปรแกรมนี้พอสมควร

เรื่องของ CAI (มิใช่ CIA นะครับ) เป็นเรื่องที่กำลังสุดฮิตในการวงการศึกษาอย่างมาก ซึ่งปัจจุบันยอมรับกันว่า CAI มีประสิทธิภาพในการสอนในหลายสาขาวิชา อาจารย์ผู้สอนสามารถนำมาใช้เป็นสื่อเสริมในรูปแบบต่าง ๆ กัน เช่น การฝึกปฏิบัติแบบฝึกหัด การทบทวนบทเรียน การสร้างสถานการณ์จำลอง การแก้ปัญหา และเกมส์ เป็นต้น อย่างไรก็ตามการใช้ประโยชน์ดังกล่าวยังอยู่ในวงจำกัด เป็นเพราะอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ยังคงมีราคาสูง และมีผู้ชำนาญทางด้านนี้จำนวนน้อย ซึ่งโปรแกรมช่วยสอนนั้นสร้างจากการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ให้ออกมาในรูปแบบต่าง ๆ ตามที่อาจารย์ต้องการได้ และการเขียนโปรแกรมนั้นสามารถเขียนโดยใช้ภาษาคอมพิวเตอร์ ซึ่งอาจเป็นภาษาระดับสูง เช่น ภาษาเบสิก ปาสคาล และอื่น ๆ หรือภาษาระดับต่ำ เช่น ภาษาแอสเซมบลี ดังนั้น จะเห็นได้ว่าการเขียนโปรแกรมจะต้องใช้ผู้รู้ภาษาคอมพิวเตอร์ หรือที่เรียกว่า**โปรแกรมเมอร์**เป็นอย่างดี ซึ่งเป็นสิ่งที่เรียนรู้ยาก จึงทำให้ผลผลิตของโปรแกรมการเรียนการสอนมีน้อย... ผมก็ว่าแล้วเชียว มันไม่ใช่เรื่องง่ายในการที่จะเขียนโปรแกรมช่วยสอนออกมา ต้องใช้เวลานานและต้องได้ผู้มีความเชี่ยวชาญและชำนาญในการเขียนอีกด้วย ผมยอมรับว่าโปรแกรมเมอร์ดี ๆ เจ๋ง ๆ คงจะหาได้ไม่มากนัก (มี แต่เก่งหรือเปล่า!!!) และคนเหล่านี้จะต้องมีรายได้และเงินเดือนสูง ๆ อีกต่างหาก แต่อย่างไรก็ตามผมพอจะทราบมาว่า ปัจจุบันนี้ได้มี**โปรแกรมอัตนิพนธ์** (authoring system) ชนิดมัลติมีเดียออกมาช่วยในการสร้างแอพพลิเคชั่น-มัลติมีเดีย ทำให้ผู้ที่ต้องการผลิตโปรแกรมช่วยสอนสามารถสร้างขึ้นเองได้ โดยไม่ต้องเขียนโปรแกรมเองเพียงแต่ศึกษาวิธีการใช้โปรแกรมอัตนิพนธ์เท่านั้นก็สามารถทำขึ้นมาได้เอง ใครสนใจในเรื่อง CAI นี้คงจะเสาะหาได้ไม่ยาก โดยติดต่อภาควิชาวิทยา-การคอมพิวเตอร์ ฟิสิกส์ เคมี หรือภาควิชาสถิติก็ได้

อย่างที่ผมได้กล่าวไปแล้วว่า ผมจะเขียนเน้นเรื่องเกี่ยวกับเทคโนโลยีสารสนเทศเท่านั้น (จากบัญชาของท่าน บ.ก.) ยังมีอีกหนึ่งภาควิชาที่ผมได้ข้ามไปในตอนเช้าที่ชั้น 1 คือ **งานนิทรรศการผลงานของภาควิชาจุลชีววิทยา** ซึ่งทางภาควิชาก็ได้ตั้งหัวข้อไว้หรูหราเช่นกันว่า *จุลชีววิทยาจะก้าวไกลถ้าอาศัยเทคโนโลยีสารสนเทศ* หัวข้อที่ตั้งนี้เพราะจริง ๆ และทำให้ผมค้นพบสัจธรรมไม่น่าเชื่อว่าจุลชีววิทยากับเทคโนโลยีสารสนเทศจะไปด้วยกันได้ ดังนั้นผมจึงรีบเดินลงมาชั้น 1 โดยไม่รอช้าเนื่องจากความหิวเริ่มประดังเข้ามาแล้ว

ภาพที่ 4 ผู้ได้รับโล่รางวัลจากการแข่งขันประเภทต่าง ๆ

เมื่อเดินผ่านและหลบผู้คนมาได้จนถึงชั้น 1 แล้วเลี้ยวขวาจะเห็นบอร์ดแสดงผลงานของภาควิชาจุลชีววิทยา ไม่ว่าจะทำวุ้นสวรรค์หรือโยเกิร์ตก็ตาม แต่ผมก็เดินตรงเข้าห้องคอมพิวเตอร์ที่มีการแสดงเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศให้เกิดประโยชน์แก่สาขาวิชานี้จากข้อมูลที่ได้รับทั้งการพูดคุยและจากสูจิบัตรของภาควิชาที่แจก จริง ๆ แทบ

ไม่น่าเชื่อเลยว่า คอมพิวเตอร์จะช่วยงานทางด้านนี้ได้ไม่น้อยเหมือนกัน นอกจากงานสารบรรณหรือธุรการ อาทิเช่น การวิเคราะห์ข้อมูลทางจุลชีววิทยา โดยการนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองต่าง ๆ มาเขียนเป็นกราฟ ได้แก่ กราฟการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เป็นต้น ส่วนใหญ่จะใช้โปรแกรมสำเร็จรูปมาช่วย นอกจากนั้นยังนำมาใช้ร่วมกับเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ (HPLC GC spectrophotometer) ได้อีกด้วย จึงทำให้ขยายขอบเขตของงานด้านนี้ได้มากยิ่งขึ้น ***ส่วนการจำลองและสร้างสมการทางคณิตศาสตร์***นั้น อย่างเช่นใช้งานด้านการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ การทำงานของเอนไซม์ และการผลิตสารต่าง ๆ สามารถใช้คอมพิวเตอร์มาช่วยในการคำนวณสมการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องเหล่านี้ได้ไม่ยากนัก ทำให้สามารถทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่อาจเกิดได้ง่ายขึ้น และมักจะใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางคณิตศาสตร์มาช่วยเช่นกัน และอีกสิ่งหนึ่งที่น่าสนใจก็คือ **การวิเคราะห์ภาพด้วยคอมพิวเตอร์** เช่น ภาพที่ได้จากล้องจุลทรรศน์หรือกล้องวิดีทัศน์ เช่น การคำนวณหาพื้นที่ของ organelle หรือ อนุภาคต่าง ๆ การสร้างภาพสามมิติจากการนำข้อมูลของภาพที่ได้จากการตัดขวางหลาย ๆ ภาพมาประกอบกัน การนับจำนวนจุลินทรีย์ด้วยคอมพิวเตอร์ นอกจากนั้นสิ่งสำคัญคือคอมพิวเตอร์ช่วยในการเรียนการสอนอีกด้วย... ความจริงยังมีอะไรที่น่าเรียนรู้อีกมากมายด้วยเทคโนโลยีสารสนเทศที่สามารถทำให้วงการวิทยาศาสตร์ของบ้านเมืองเราเจริญก้าวหน้าตามเพื่อนบ้านชาติอื่น ๆ ที่พัฒนาแล้ว ผมเองก็สนใจในเรื่องนี้มานาน แต่ก็ติดขัดปัญหาอะไรอยู่หลายอย่าง สักวันเมื่อเก็บรวบรวมจตุปัจจัย (เงิน) ได้ก็คงจะซื้อเทคโนโลยีนี้มาใช้บ้าง เพื่อแบ่งเบาภาระงานที่มีอยู่มากให้คลายลง (ผมก็เพ้ออยู่ในใจเสมอ)

มัวแต่เพลิดเพลินกับความสามารถของเจ้าคอมพิวเตอร์สมองกล จนเวลาล่วงเลยเที่ยงกว่าๆ รู้สึกตัวก็เมื่อเจ็บแสบท้องด้วยความหิว ผมคงจะหยุดเรื่องเทคโนโลยีสารสนเทศสำหรับสัปดาห์วิทยาศาสตร์แห่งชาติในส่วนนี้เพียงเท่านี้ (ตามคำขอร้องของท่าน บ.ก.) หลังจากอิ่มหนำสำราญแล้ว ผมจะเดินลุยชมงานในส่วนอื่น ๆ ต่อ เพราะเห็นว่าที่ตึก SC.03 มีการแสดงนิทรรศการของภาควิชาฟิสิกส์ที่เกี่ยวกับ**สุริยุปราคาเต็มดวง 24 ตุลาคม 2538** ผมคงจะกินข้าวอย่างเร่งรีบ เพื่อกลับมาดูว่านิทรรศการนี้มีอะไรบ้าง น่าสนใจแค่ไหน

แล้วพบกันตอนบ่าย ๆ ที่ตึก SC.03

นาย TONY

15 สิงหาคม 2538

การเขียนเอกสารอ้างอิงในวารสารวิทยาศาสตร์ มข.

การเขียนเอกสารอ้างอิงในเนื้อหานั้น ให้ใช้ระบบหมายเลขแบบไม่คำนึงถึงลำดับตัวอักษร (order system) การเขียนเอกสารอ้างอิงตอนท้ายบทความนั้น ให้ใส่เฉพาะเล่มที่มีการอ้างไว้แล้วในเนื้อหาเท่านั้น โดยเรียงตามลำดับที่อ้างถึงในบทความ มีแนวทางการเขียนดังนี้

1. หนังสือ

ก. ภาษาไทย

ชื่อตัว นามสกุลของผู้แต่ง. (เลขปี พ.ศ.). **ชื่อหนังสือ.** (เล่มที่). (พิมพ์ครั้งที่). เมืองที่พิมพ์ : โรงพิมพ์ หรือสำนักพิมพ์. เลขหน้าเริ่มต้น-เลขหน้าสุดท้ายที่อ้างอิง.

ข. ภาษาอังกฤษ

ชื่อสกุล, อักษรย่อชื่อต้น. อักษรย่อชื่อรอง. (เลขปี ค.ศ.). **ชื่อหนังสือ.** (เล่มที่). (พิมพ์ครั้งที่). เมืองที่พิมพ์ : โรงพิมพ์ หรือสำนักงานพิมพ์. เลขหน้าเริ่มต้น-เลขหน้าสุดท้ายที่อ้างอิง.

2. เอกสารราชการ

ชื่อหน่วยราชการ. (เลขปี พ.ศ. หรือ ค.ศ.). ชื่อเรื่อง. **ชื่อหนังสือ.** เมืองที่พิมพ์ : โรงพิมพ์ หรือสำนักพิมพ์.

3. วารสาร

ก. ภาษาไทย

ชื่อตัว นามสกุลของผู้แต่ง. (เลขปี พ.ศ.). ชื่อบทความ. **ชื่อวารสาร.** เล่มที่ (ฉบับที่) : เลขหน้าเริ่มต้น-เลขหน้าสุดท้าย.

ข. ภาษาอังกฤษ

ชื่อสกุล, อักษรย่อชื่อต้น. อักษรย่อชื่อรอง. (เลขปี ค.ศ.). ชื่อบทความ. **ชื่อวารสาร.** เล่มที่ (ฉบับที่) : เลขหน้าเริ่มต้น-เลขหน้าสุดท้าย.

หมายเหตุ

1. กรณีที่เป็นเอกสารอ้างอิงจากแหล่งอื่น ๆ นอกเหนือจากที่กำหนดข้างต้น เช่น จุลสาร, หนังสือพิมพ์ ฯลฯ ให้ยึดหลักการเขียนตามแบบข้างต้นโดยอนุโลม
2. กรณีที่มีผู้เขียน 2 หรือ 3 คน ให้เขียนตามแบบของผู้เขียนคนแรก แต่ให้เติมคำว่า “และ” หรือ “and” หน้าชื่อสุดท้ายในกรณีของภาษาไทย หรือภาษาอังกฤษตามลำดับ
3. กรณีที่มีผู้เขียนมากกว่า 3 คนขึ้นไป ให้ใส่เฉพาะผู้แต่งชื่อแรกและใส่คำว่า “และคณะ” หรือ “et. al.” ในกรณีของภาษาไทย หรือภาษาอังกฤษตามลำดับ
4. ถ้าเอกสารที่ถูกอ้างอิงอยู่ในระหว่างตีพิมพ์ ให้บอกรายละเอียดมากที่สุดและใช้คำว่า “ระหว่างตีพิมพ์” หรือ “in press” ในกรณีของภาษาไทย หรือภาษาอังกฤษตามลำดับ โดยวงเล็บต่อท้ายเอกสารอ้างอิงนั้น

ใบสั่งลงโฆษณา
ในวารสารวิทยาศาสตร์ มข.

เขียนที่.....

วันที่.....

เรียน บรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์ มข.

ข้าพเจ้า.....เป็นตัวแทนของ (บริษัท, ห้างร้าน, องค์การ).....ที่อยู่.....
.....โทรศัพท์.....โทรสาร.....
มีความประสงค์จะลงโฆษณาในวารสารวิทยาศาสตร์ มข. ดังรายการต่อไปนี้

☐ ปกหลังด้านใน ☐ เต็มหน้า ☐ ครึ่งหน้า

☐ ในฉบับ ☐ เต็มหน้า ☐ ครึ่งหน้า

โดยให้ข้าพเจ้าขอให้ลงโฆษณา จำนวน.....ฉบับ นับตั้งแต่ฉบับแรกที่จะพิมพ์ในครั้งต่อไปหลังจากที่ท่านได้รับหนังสือนี้แล้ว

พร้อมกับจดหมายฉบับนี้ข้าพเจ้าได้ส่งต้นฉบับเพื่อลงโฆษณาและเงินค่าโฆษณา จำนวน.....บาท (.....)
เป็น ☐ ธนาณัติ หรือ ☐ เช็คไปรษณีย์ ในนามของนางลักขณา สุขบาง
สั่งจ่าย ป.ท. มหาวิทยาลัยขอนแก่น แล้ว

ลงนาม.....

ตำแหน่ง.....

อัตราค่าโฆษณาในวารสารวิทยาศาสตร์ มข.

		ลง 1 ฉบับ	ลง 4 ฉบับ
ปกหลัง	ด้านในเต็มหน้า	1,000 บาท	3,600 บาท
	ด้านในครึ่งหน้า	500 บาท	1,800 บาท
ในฉบับ	เต็มหน้า	500 บาท	1,600 บาท
	ครึ่งหน้า	250 บาท	800 บาท

หมายเหตุ ถ้าทางวารสารฯ ไม่สามารถลงตีพิมพ์บนปกหลังได้ วารสารฯ จะตีพิมพ์ลงในฉบับแทนในวงเงินเท่ากัน

ISSN 0125 - 2364

วารสาร
วิทยาศาสตร์ มข.
THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

วัตถุประสงค์

1. เพื่อส่งเสริมและเผยแพร่วิทยาการในสาขาวิชาต่าง ๆ ทางด้านวิทยาศาสตร์
2. เพื่อเผยแพร่ผลงานด้านวิจัย และการศึกษา ค้นคว้าของอาจารย์และนักศึกษา
3. เพื่อเป็นสื่อกลางการแลกเปลี่ยนความรู้และแนวความคิดทางวิชาการระหว่างอาจารย์ นักศึกษาและผู้สนใจ ทั้งภายในและภายนอกสถาบัน

กำหนดออก ปีละ 4 ฉบับ

ฉบับที่ 1 มกราคม - มีนาคม
ฉบับที่ 2 เมษายน - มิถุนายน
ฉบับที่ 3 กรกฎาคม - กันยายน
ฉบับที่ 4 ตุลาคม - ธันวาคม

ใบสมัครเป็นสมาชิก
"วารสารวิทยาศาสตร์ มข."

☐ สมาชิกใหม่
☐ ต่ออายุ

ชื่อ-สกุล.....
ที่อยู่.....
รหัสไปรษณีย์.....หมายเลขสมาชิก.....
ตั้งแต่ฉบับที่.....ปีที่.....ถึงฉบับที่.....ปีที่..... รวม.....ฉบับ
พร้อมนี้ได้ส่งเงินจำนวน.....บาท มาทาง

☐ ธนาณัติส่งจ่าย ป.ท.มข.
☐ เช็คไปรษณีย์
☐ เงินสด

อัตราค่าบำรุง

☐ 1 ปี 4 เล่ม 40 บาท
☐ 2 ปี 8 เล่ม 75 บาท
☐ 3 ปี 12 เล่ม 110 บาท
☐ 4 ปี 16 เล่ม 140 บาท

ลายเซ็นผู้สมัคร.....

หมายเหตุ 1. ส่งเงินทางธนาณัติหรือเช็คไปรษณีย์ ในนามของ นางลักขณา สุขบาง คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น สั่งจ่าย ป.ท.มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002
2. กรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงที่อยู่ กรุณาแจ้งให้ทราบล่วงหน้า ไม่น้อยกว่า 1 เดือน ก่อนเดือนสุดท้ายของกำหนดวารสารออก เพื่อความสะดวกในการส่งวารสารแก่ท่าน

ข้อแนะนำในการเขียนบทความลงวารสาร วิทยาศาสตร์ มข.

ประเภทของเรื่องที่จะตีพิมพ์

1. รายงานผลวิจัยและค้นคว้าหรือการสำรวจที่ยังไม่เคยตีพิมพ์ในวารสารหรือหนังสืออื่นมาก่อน

2. บทความปริทัศน์ ได้แก่งานเขียนที่รวบรวมหรือเรียบเรียงจากเอกสารหรือหนังสือต่าง ๆ เพื่อเผยแพร่และฟื้นฟูงานด้านวิชาการระดับต่าง ๆ

3. บทความแสดงข้อคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในด้านวิชาการ เรื่องแปล ข่าววิชาการ ย่อความจากงานวิจัยหรือหนังสือใหม่ที่น่าสนใจ

รูปแบบของการเขียนและการเตรียมต้นฉบับ

1. ต้นฉบับ **ต้องเป็นตัวพิมพ์ปกติ** มีช่วงห่างระยะบรรทัดตามมาตรฐาน พิมพ์ลงในกระดาษขาว A4 (โรเนียวสั้น) โดยใช้กระดาษหน้าเดียว **ความยาวไม่เกิน 10 หน้า ส่งต้นฉบับ 2 ชุด หรือต้นฉบับพิมพ์ 1 ชุด และ** Diskette **ของบทความนั้น**

2. ต้นฉบับ จะถูกพิจารณาโดยกองบรรณาธิการ และจะตอบรับการได้รับบทความโดยไม่ส่งต้นฉบับคืน ผู้เขียนควรจะอัดสำเนาเก็บไว้เป็นหลักฐานของตัวเอง 1 ฉบับ

3. ต้นฉบับ จะต้องมีความถูกต้องทั้งในด้านเนื้อหา และการใช้ภาษา รวมทั้งมีความสมบูรณ์ในรูปแบบพร้อมที่จะนำลงตีพิมพ์ได้

4. ชื่อเรื่อง ให้ใช้ภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ **ไม่ยาวเกินไป** และหลีกเลี่ยงการใช้คำย่อโดยไม่จำเป็น

5. ชื่อผู้เขียน เขียนชื่อภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษพร้อมทั้งบอกสถานที่ทำงานให้ชัดเจน

6. เนื้อเรื่อง ใช้ได้ทั้งภาษาไทยล้วนหรือภาษาอังกฤษล้วน ถ้าใช้ภาษาไทย ภาษาอังกฤษที่ใช้ปนกับภาษาไทยนั้นให้พยายามแปลเป็นไทยเท่าที่จะทำได้และให้เขียนคำเดิมกำกับในวงเล็บ การทับศัพท์ภาษาอังกฤษ ตลอดทั้งการเขียนตัวสะกดการันต์ในภาษาไทยให้ใช้ตามแบบราชบัณฑิตยสถาน

7. ในกรณีของบทความวิจัย **ต้องมีบทคัดย่อทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ** และแบ่งเนื้อหาของบทความเป็นบทนำ วิธีดำเนินงาน ผลการวิเคราะห์ บทสรุปและวิจารณ์

8. เชิงอรรถ (footnote) ใช้เฉพาะที่จำเป็นเพื่อขยายหรือให้รายละเอียดเพิ่มเติมแก่ใจความเฉพาะตอนในบทความ ข้อความที่จำเป็นจะต้องมีเชิงอรรถให้ใช้เครื่องหมายดอกจัน (*) กำกับท้าย

9. ตารางและภาพประกอบ คำบรรยายประกอบตารางหรือภาพประกอบควรจะสั้นและชัดเจน ถ้าเป็นภาพถ่ายให้ใช้ภาพขาว - ดำ ขนาดโปสการ์ด ภาพเขียนลายเส้นควรเขียนด้วยหมึกดำ ภาพที่เขียนต้องชัดเจนและมีขนาดที่เหมาะสม

10. เอกสารอ้างอิง หรือบรรณานุกรม เขียนตามแบบที่ทางวารสารกำหนด

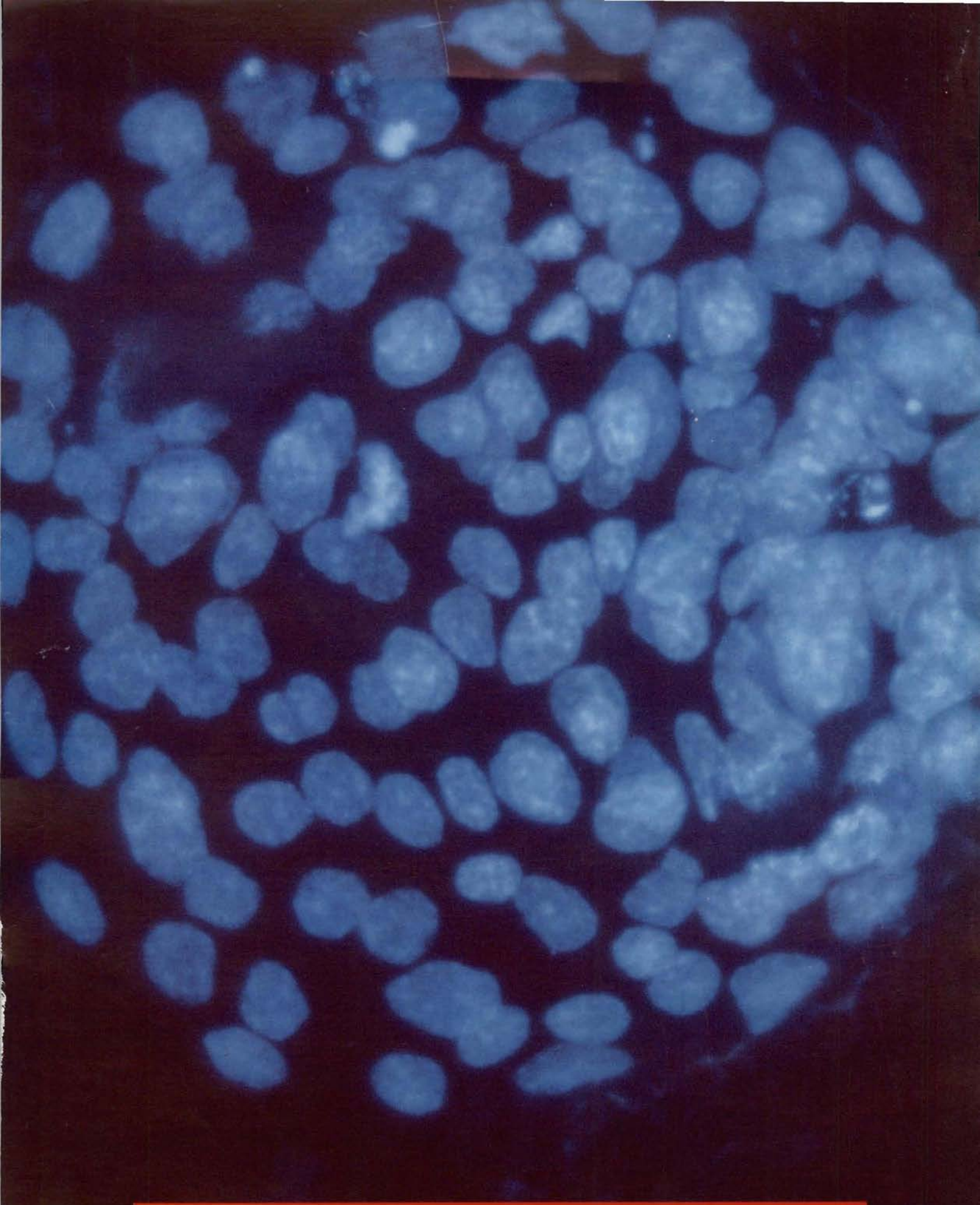
ส่งต้นฉบับมาที่

กองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์ มข.
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002

อภินันทนาการสำหรับผู้เขียน

1. เรื่องที่ได้รับการตีพิมพ์ ผู้เขียนจะได้รับวารสารฉบับนั้น 2 เล่ม และสำเนาพิมพ์อีก 15 ชุด

พิมพ์ที่ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา
33/17-18 ถ.หน้าเมือง ต.เมือง จ.ขอนแก่น 40000 โทร. (043) 236344, 332152-3



บลาสโทซิสต์ของเอมบริโอหนูเล็ก ย้อมด้วยสีฟลูออเรสเซนซ์