



วารสาร

วิทยาศาสตร์มช.

THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

ISSN 0125 - 2364

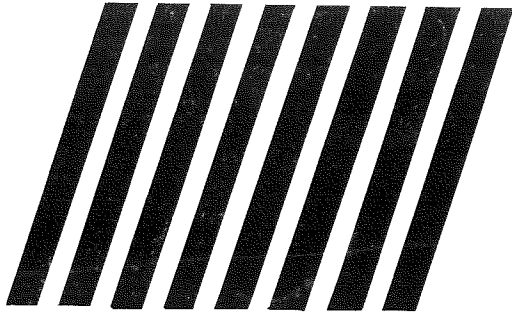
ปีที่ 24 ฉบับที่ 1 ม.ค. - มี.ค. 39



UNU-KEK POST-GRADUATE COURSE ON SYNCHROTRON RADIATION
TOKYO & TSUKUBA, March 25 - April 8 1996



15.-



ISSN 0190-8284
วิทยาศาสตร์ปู.
THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

เจ้าของ

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

สำนักงาน

คณะวิทยาศาสตร์ ตึก 6

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

วัตถุประสงค์

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

กำหนดออก

ปีละ 4 ฉบับ

ฉบับที่ 1 มกราคม - มีนาคม

ฉบับที่ 2 เมษายน - มิถุนายน

ฉบับที่ 3 กรกฎาคม - กันยายน

ฉบับที่ 4 ตุลาคม - ธันวาคม

คำบารุง ปีละ 55 บาท ขายปลีก เล่มละ 15 บาท

การบอกรับเป็นสมาชิก

แจ้งความจำนงค์เป็นจดหมาย หรือกรอกใบสมัครเป็นสมาชิก พร้อมส่งคำบารุงเป็นธนาคติ หรือเช็คไปรษณีย์ในนามของนางบุญคุ้ม เหลือล้ำ ฝ่ายจัดการ ส่งจ่าย ป.ท.มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002

ที่ปรึกษา

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ

บรรณาธิการ

เอกพรธม สวัสดิ์ชิตัง

บรรณาธิการผู้ช่วย

เยาวภา บริพันธ์

กองบรรณาธิการ

รัชนี จวีราช
พิสิฐส์ เจริญสุดใจ
พลสันต์ มหามันท์
เฉลิม เรื่องวิริยะชัย
สยาม ชูอิน
วิชุดา ไชยติวามงคล
พฤษดี ศิริแสงตระกูล
สุพร นุชดำรงค์
ประภัทร วิเศษมงคลชัย

ฝ่ายศิลป์และภาพ

กิลเลน ดิณนรเศรษฐ์
ทรงเวทย์ เป้าชัย

ฝ่ายเหรียญก

บุญคุ้ม เหลือล้ำ

ฝ่ายจัดการและ เลขานุการ

ทัศนีย์ จิตตะกวี
สมศักดิ์ อุ่นจันท์



บทความหรือข้อคิดเห็นใด ๆ ในวารสารนี้เป็นของผู้เขียน ไม่จำเป็นต้องสอดคล้องกับทัศนะของกองบรรณาธิการ

วารสาร

วิทยาศาสตร์บช.

THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

ปีที่ 24 ฉบับที่ 1



บรรณาธิการแสดง

ข่าววิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กองบรรณาธิการ..... 1

บทความพิเศษ

UNU-KEK POST GRADUATE COURSE ON SYNCHROTRON RADIATION

เอกพรพรณ สวัสดิ์ชิตัง และคณะ..... 6

บทความ

เทคโนโลยีสารสนเทศ

สมจิตร์ อัจฉรินทร์..... 13

การหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเชิงมุมของดาว โดยใช้เทคนิคการบังดาวของดวงจันทร์

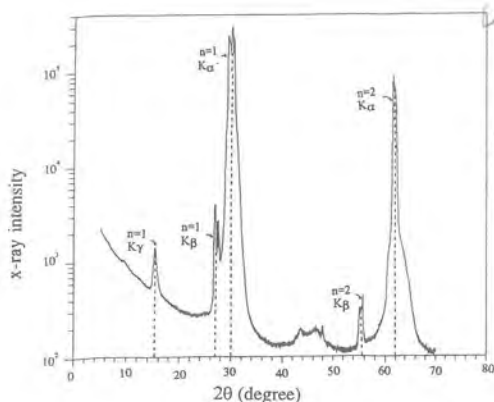
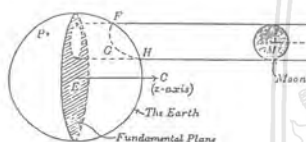
นิพนธ์ กสิพรื่อง..... 21

การศึกษาการดูดกลืนรังสีเอกซ์ของทองแดง และนิเกิลโดยใช้ผลึก CaCo_3

ประเสริฐ แข่งขัน..... 33

สารกึ่งตัวนำกับสิ่งแวดล้อม

สมเกียรติ ศรีจารนัย..... 42

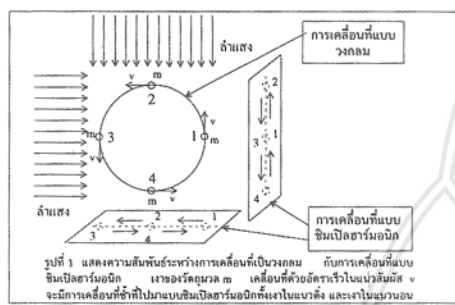


วารสาร

วิทยาศาสตร์ชุมชน

THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

ปีที่ 24 ฉบับที่ 1



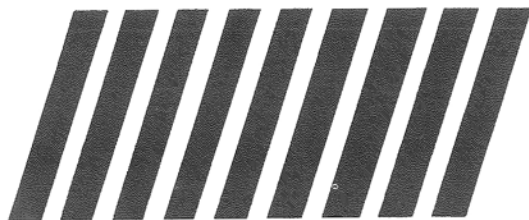
คอลัมน์ประจำ

- เกร็ดคอมพิวเตอร์
นายถึงเบียร์..... 46
- เกร็ดเล็กเกร็ดน้อย
อีคน้อย ลูกบางปลาสร้อย..... 48
- คณิตศาสตร์ชวนคิด
สมการที่ใช้หาผลบวกกำลัง k
ผศ.สมจิตร โชติชัยสฤติชัย..... 53
- เสริมทักษะวิทยาศาสตร์
ตอน การเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก
ผศ.สยาม ชูถิ่น..... 58
- คอลัมน์นี้มีรางวัล
นาย Tony..... 64

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เบ็ดเตล็ด

- ข้อเสนอแนะในการเขียนบทความลงวารสารวิทยาศาสตร์ มข.
- การเขียนเอกสารอ้างอิงในวารสารวิทยาศาสตร์ มข.
- ใบสมัครเป็นสมาชิกวารสารวิทยาศาสตร์ มข.
- ใบสั่งลงโฆษณาในวารสารวิทยาศาสตร์ มข.



ISSN 0125-2284



255132
วิทยาาสตร์
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

55 baht per annum. Single issue price 15 baht.

Membership

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

Advisory Committee

Dean, Faculty of Science
Associate Dean for Academic affairs

Editor

Ekaphan Sawadcitang

Associate Editor

Javapa Boripun

Editorial Board

Rachanee Chaveerach
Pisit Chareonsudjai
Polson Mahakhan
Chalerm Ruangviriyachai
Prapat Wisetmongkolchai
Siam Choothin
Vichuda Chaiyasivamongkol
Pusadee Seresangtakul
Suporn Nuchadamrong

Artist

Kilen Tinnoraset
Songwate Bousechai

Treasurer

Boonkoom Lualon

Managing Staff and Secretary

Tassanee Jittakhawee
Somsak Unjantee



The views and opinions expressed in this journal are those of the authors, and do not necessarily reflect the views and opinions of the editorial board.

บรรณานุกรม

แถลง

ท่านผู้อ่านที่รักทุกท่าน

วารสารวิทยาศาสตร์ มข. ฉบับที่ถืออยู่ในมือของท่านขณะนี้ เป็นฉบับที่ 1 ของปีที่ 24 ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงหลายอย่าง เช่น การปรับเปลี่ยนกองบรรณาธิการให้เหมาะสมกับภาระหน้าที่ของคณาจารย์แต่ละท่าน และเริ่มตั้งแต่ฉบับนี้เป็นต้นไป วารสารของเราได้ปรับราคาขยับขึ้นอีกนิดจากขายปลีกฉบับละ 12 บาท เป็นฉบับละ 15 บาท อัตราค่าสมาชิกรายปีก็ปรับเปลี่ยนตามไปด้วย ท่านผู้อ่านท่านใดที่ยังลังเลและยังไม่ได้สมัครเป็นสมาชิก โปรดพิจารณาตัดสินใจ และรีบสมัครเข้ามาได้เลยนะครับ สำหรับโรงเรียนระดับมัธยมต้นและปลาย โรงเรียนใดที่ยังไม่มีวารสารของเรา ขอให้แจ้งความจำนงค์เข้ามาเพื่อสมัครเป็นสมาชิกเผยแพร่ ซึ่งทางเรายินดีจะจัดส่งวารสารให้ท่านโดยไม่คิดมูลค่าใด ๆ เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของเราที่ต้องการเผยแพร่ความรู้และข่าวสารวิชาการทางด้านวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะในโรงเรียนที่ห่างไกลและขาดแคลนหนังสือวิชาการ

ฉบับนี้ยังคงมีคอลัมน์ต่าง ๆ อยู่ครบและชวนอ่านชวนติดตามเช่นเคย ไม่ว่าจะเป็นข่าวบทความทางวิชาการ เกร็ดคอมพิวเตอร์ เกร็ดเล็กเกร็ดน้อย และเสริมทักษะวิทยาศาสตร์ ซึ่งบทความนี้จะประโยชน์อย่างยิ่งต่อนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย สำหรับคอลัมน์คณิตศาสตร์ชวนคิด ท่าน ดร.อิทธิ ฤทธาภรณ์ มีการกิจจำเป็นที่ต้องทำมากมาย จึงไม่สามารถส่งเรื่องมาให้เราได้ ซึ่งเราหวังไว้ว่า ไม่ช้าไม่นานท่านคงส่งเรื่องมาอีก เพราะท่านรักการเขียนและสนับสนุนงานด้านวิทยาศาสตร์เป็นชีวิตจิตใจ

บทความพิเศษในฉบับนี้ ผมและอาจารย์อีกหลายท่านได้นำเสนอเรื่องราวของ Synchrotron Radiation ที่เราได้ไปรับรู้และเก็บเกี่ยวประสบการณ์สด ๆ ร้อน ๆ มาจากประเทศญี่ปุ่น และจะพยายามนำเสนอเรื่องราวของโครงการชิงโครตรอนแห่งชาติของประเทศไทยในฉบับต่อไป

อีกไม่ช้าไม่นานก็จะถึงสัปดาห์วันวิทยาศาสตร์สำหรับปีนี้แล้ว คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น กำหนดจะจัดงานในระหว่างวันที่ 18-20 สิงหาคม 2539 โรงเรียนใดสนใจที่จะสมัครเข้าร่วมกิจกรรมใด ก็เตรียมตัวได้แล้วนะครับ

พบกันใหม่ฉบับหน้า

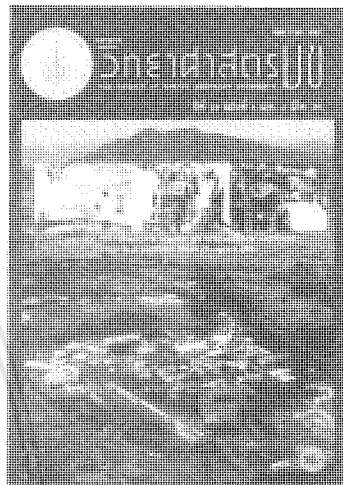
เอกพรรณ ลวัสดิษฐ์

มีนาคม 2539

คำบรรยายภาพปกหน้าและปกหลัง

ปกหน้า

1. ภาพถ่ายทางอากาศแสดงอาณาบริเวณ ของห้องปฏิบัติการแห่งชาติสำหรับฟิสิกส์พลังงานสูงของประเทศญี่ปุ่น ตั้งอยู่ที่เมืองทซึคุบะ ภูเขาที่อยู่ด้านหลังมีชื่อเดียวกันกับเมือง



2. **Proton Medical Research Center**

ศูนย์แห่งนี้ดูแลโดยมหาวิทยาลัยทซึคุบะ ทำงานวิจัยทางการแพทย์และการรักษามะเร็ง โดยใช้โปรตอนพลังงาน 250 MeV ที่ได้จาก Booster Synchrotron

3. **Electron (or Positron) Storage Ring, The Light Source of Photon Factory**

แสดงให้เห็น Beamlines จำนวนหนึ่ง สำหรับ Synchrotron radiation และอุปกรณ์ส่วนที่เบนเปลี่ยนทางเดินของอิเล็กตรอนเพื่อให้เกิดการแผ่รังสี ซึ่งอาจจะเป็น bending magnet, superconducting wiggler magnet, permanent magnet undulators หรือ multipole wigglers

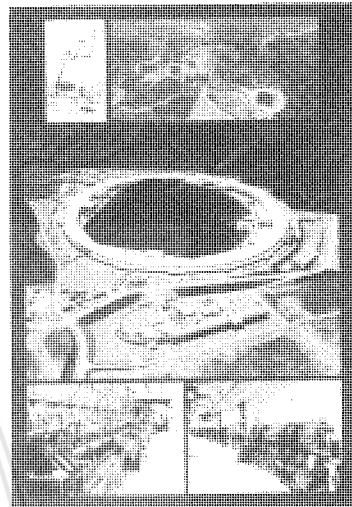
4. **Experimental Hall of Photon Factory**

แสงซิงโครตรอนจะถูกนำเข้ามายังห้องทดลอง โดย beamline ซึ่งเป็นท่อเจาะทะลุผนังกำแพงที่กันรังสี มีสถานีทดลองมากกว่า 60 สถานีที่ศึกษาวิจัยโดยใช้แสงซิงโครตรอนย่านอัลตราไวโอเลตถึงย่านเอกซเรย์

ปกหลัง

1. แสดงที่ตั้งของ SPring-8 อยู่ที่เมืองฮาริมา บนยอดเขามิฮาราคูริ

2. ภาพถ่ายทางอากาศของ Harima Science Garden City



3. SPring-8

เครื่องกำเนิดแสงซิงโครตรอน SPring-8 เป็นโครงการวิจัยของ Japan Synchrotron Radiation Research Institute (JASRI) ทุนก่อสร้างหลายร้อยพันล้านเยน โครงการนี้เริ่มดำเนินการเมื่อปี ค.ศ.1989 ขณะนี้อยู่ในระหว่างดำเนินการก่อสร้างในระยะสุดท้าย และจะเปิดใช้อย่างเป็นทางการในราวปลายปี ค.ศ.1997 เมื่อสร้างเสร็จ SPring-8 จะเป็นเครื่องกำเนิดแสงซิงโครตรอนที่ใหญ่ที่สุดในโลก ให้พลังสูงสุดถึง 8 GeV เส้นรอบวงของ Storage ring ที่เห็นอยู่ในภาพ ยาวถึง 1,436 เมตร

4. Linac

ลิแนค เป็นเครื่องเร่งอนุภาคในขั้นตอนแรก โดยผลิตอิเล็กตรอนแล้วเร่งให้มีพลังงาน 1 GeV ความยาวของอุปกรณ์ส่วนนี้ 140 เมตร จะเริ่มทำการได้ในเดือนสิงหาคมปีนี้

5. The storage ring magnet and vacuum system

อุปกรณ์ส่วนนี้ประกอบด้วยแม่เหล็กและห้องสุญญากาศจำนวนมาก เพื่อเร่งอิเล็กตรอนให้มีพลังงานคงที่เพื่อทดแทนกับการที่มันแผ่รังสีออกไป คือ 13 MeV ต่อรอบ ที่พลังงาน 8 GeV ส่วนนี้จะทำการได้ในราวเดือนกุมภาพันธ์ หรือมีนาคมปีหน้า

ข่าว วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี

การลดการเสื่อมสภาพของกระดาษเอกสารที่ผลิตโดยกระบวนการที่ใช้กรด (Suppression of Deterioration of Acidic-Paper Documents)

T. Okayama และคณะวิจัยแห่งมหาวิทยาลัยการเกษตรและเทคโนโลยี โตเกียว ได้พัฒนาเทคโนโลยีใหม่เพื่อลดการเสื่อมสภาพของกระดาษเอกสารที่ผลิตโดยกระบวนการที่ใช้กรด (acidic paper) โดยการนำกระดาษมาทำปฏิกิริยากับก๊าซเอทิลีนออกไซด์ (ethylene oxide gas) ซึ่งสามารถแพร่เข้าไปในกระดาษได้ดีมากและเกิดปฏิกิริยาสะเทินในกระดาษ ทำให้ pH ของกระดาษมีค่าประมาณ 8 ผลึกภัณฑ์เคมีที่เกิดในกระดาษคือเอทานอลามีน (ethanolamine)

เทคโนโลยีใหม่นี้สามารถเพิ่มอายุการใช้งานของกระดาษใหม่และกระดาษที่ใช้แล้วได้มากกว่า 3 เท่า และมีข้อดีกว่าเทคโนโลยีเดิมในแง่ของการอนุรักษ์สภาวะแวดล้อม วิธีเดิมที่ใช้ลดปริมาณกรดในกระดาษมีทั้งการใช้สารละลายของเหลวและก๊าซ เช่น ในวิธี Weito หรือวิธี Sable หรือวิธี Book Keeper จะต้องแช่กระดาษในสารละลายของเหลวบางชนิดก่อน แล้วจึงพ่นด้วยก๊าซฟร็อน (Freon gas) ทำให้กระดาษเกิดการโค้งงอ และในวิธีเหล่านี้จะต้องมีระบบกำจัดก๊าซฟร็อน

ส่วนวิธีที่ใช้ไดเอทิลซิงค์ (Diethyl-zinc) ซึ่งอาศัยปฏิกิริยาสะเทินที่เกิดขึ้นในสภาวะก๊าซ จะเกิดปฏิกิริยารุนแรงและเกิดสารที่มีกลิ่นน่ารังเกียจ จึงต้องมีระบบป้องกันอย่างดี

การปรับสภาพกระดาษโดยเทคโนโลยีใหม่นี้กระทำในถังปฏิกิริยาที่แห้ง ณ อุณหภูมิ 35°C พ่นก๊าซเอทิลีนออกไซด์เข้าสู่ปฏิกิริยา (ที่บรรจุกระดาษไว้) ติดต่อกันนาน 4 ชั่วโมง แล้วจึงไล่ก๊าซเอทิลีนออกไซด์ออกหมดและพ่นก๊าซเอทิลีนออกไซด์เข้าสู่ถังไว้ 24 ชั่วโมงเพื่อให้เกิดปฏิกิริยากับกระดาษอย่างสมบูรณ์ จากนั้นใช้ก๊าซไนโตรเจนไล่ก๊าซที่เหลืออยู่ในถังออกและดูดซับก๊าซดังกล่าวในสารละลายกรดซัลฟริก

ในการประเมินประสิทธิภาพของเทคโนโลยีใหม่นี้ดังกล่าว ใช้กระดาษใหม่และกระดาษที่ผ่านการกระทำเพื่อเร่งให้เกิดการเสื่อมสภาพของกระดาษโดยอบกระดาษด้วยอากาศร้อน ณ อุณหภูมิ 105 °C นาน 1 สัปดาห์ นำกระดาษมาผ่านกระบวนการในเทคโนโลยีใหม่นี้ แล้วตรวจสอบคุณภาพต่าง ๆ ของกระดาษ เช่น pH บนผิวกระดาษ การสะท้อนแสง (brightness) สภาพ

ความคงทนต่อการพับและแรงดึง รวมทั้งความเข้มข้นของเอทานอลามีนและเอไมด์อะซิเตดในกระดาด โดยใช้เทคนิคก๊าซโครมาโตกราฟี ผลจากการใช้แรงดึงขนาด 150 mN พบว่า กระดาดใหม่ที่ผ่านมากระบวนการมีอายุการใช้งานนานเป็น 3.8 เท่าของกระดาดใหม่ที่มีได้ผ่านกระบวนการ และในกรณีของกระดาดที่เสื่อมสภาพโดยผ่านการเร่ง กระดาด

ที่ผ่านมากระบวนการใหม่นี้มีอายุการใช้งานนานเป็น 3.7 เท่าของกระดาดที่มีได้ผ่านกระบวนการ จึงพอเป็นข้อสรุปได้ว่า กระบวนการดังกล่าวลดการเสื่อมสภาพของกระดาดได้อย่างดี

(จาก *New Technology Japan Vol.23, No.8*
ฉบับเดือนพฤศจิกายน 1995 หน้า 16)

จุลินทรีย์ย่อยสลายสีย้อม (Microorganisms Decomposing and Converting Dyes into Colorless Substances)

ศาสตราจารย์ M. Shoda และคณะวิจัย แห่งสถาบันเทคโนโลยีโตเกียว ได้ประกาศการค้นพบจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายสีย้อม (dyes) ให้เป็นสารไร้สี ซึ่งจะเป็ประโยชน์มากในการกำจัดสีย้อมในน้ำทิ้งและในดิน

ในปัจจุบัน วิธีการที่ใช้กำจัดสีย้อมมีหลายแบบและเป็นวิธีการที่เสียค่าใช้จ่ายสูง ไม่ว่าจะเป็นการดูดซับสีย้อมบนวัสดุดูดซับ หรือการเผา จึงได้มีการพัฒนาประสิทธิภาพของเทคนิคการกำจัดสีย้อมตลอดมาอย่างต่อเนื่อง

จุลินทรีย์ที่ค้นพบโดยศาสตราจารย์ M. Shoda และคณะ คือ *Geotrichum candidum* เป็นราเส้นใยยาว ซึ่งสกัดแยกจากดิน สามารถย่อยสลายสีย้อมต่าง ๆ รวม 18 ชนิดที่ใช้กันในปัจจุบันทั้งสีน้ำเงิน สีแดง สีเหลือง และสีม่วง และสามารถเปลี่ยนสีย้อมให้เป็นสารที่ไม่มีสีเมื่อเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ชนิดนี้ในอาหารเพาะเลี้ยงที่เป็นของเหลวและของแข็ง จุลินทรีย์ชนิดนี้ชอบ pH ในช่วง 4-7 และแพร่ขยายพันธุ์ในที่ในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิ 20-30 °C สามารถเจริญเติบโตได้ดีใน

สภาวะโภชนาการปกติธรรมดาในอัตราที่เร็วกว่าจุลินทรีย์ชนิดอื่นที่กล่าวอ้างกันว่าสามารถสลายสีย้อมได้ แม้จะอยู่ในสภาวะแวดล้อมที่มีสีย้อมเข้มข้นมากถึง 12 กรัมต่อลิตร ราชนิดนี้ยังสามารถย่อยสลายสีย้อมได้หมดภายใน 2 วัน ซึ่งจุลินทรีย์ธรรมดาจะไม่สามารถแพร่ขยายพันธุ์ในอาหารเพาะเลี้ยงที่มีสีย้อมเข้มข้นมากเกินไป 0.5 กรัมต่อลิตร เพราะความเข้มข้นขนาดนี้เป็นพิษต่อจุลินทรีย์

จากการศึกษากลไกการฟอกสีของจุลินทรีย์นี้ พบว่า ราชนิดนี้ขับเอนไซม์ที่สร้างเพอร์ออกไซด์ (peroxide enzymes) เพื่อย่อยสลายสีย้อม เอนไซม์ที่ราสร้างขึ้นมีหลายชนิดซึ่งสามารถทำปฏิกิริยาออกซิเดชันและสลายสารต่าง ๆ ได้หลายชนิด ดังนั้นจุลินทรีย์นี้จึงมีประโยชน์มากที่จะใช้เป็นปฏิกรณ์ชีวภาพ (bioreactor) สำหรับย่อยสลายสารต่าง ๆ ในน้ำทิ้งรวมทั้งสีย้อม หรือใช้สำหรับย่อยสลายสีย้อมที่ปนเปื้อนในดินในกระบวนการชีวภาพเพื่อฟื้นฟูสภาพดิน (bioremediation)

(จาก *New Technology Japan Vol.23, No.8*
ฉบับเดือนพฤศจิกายน 1995 หน้า 16-17)

เครื่องเลเซอร์วัดน้ำตาลในผลไม้ขนาดใหญ่ (Laser-Based Sugarmeter for Large Fruit)

บริษัท Sumitomo Metal Mining (ซึ่งเป็นผู้ผลิตชิ้นส่วนอุปกรณ์ทางแสงที่ใช้ในระบบเลเซอร์และผลิตภัณฑ์ที่ใช้ระบบเลเซอร์) ได้พัฒนาสร้างเครื่องมือวัดน้ำตาล (sugarmeter) ที่ใช้แสงเลเซอร์เป็นเครื่องแรกของโลก เพื่อวัดความหวานของผลไม้ขนาดใหญ่ เช่น แอปเปิ้ลและแตงเมลอนชนิดต่าง ๆ เครื่องมือนี้ใช้แสงเลเซอร์ความยาวคลื่นเฉพาะในช่วงใกล้อินฟราเรด สามารถใช้วัดความหวานของผลไม้ได้อย่างถูกต้องโดยไม่สัมผัสหรือทำความเสียหายให้กับผลไม้

เครื่องวัดน้ำตาลแบบเดิมใช้หลักการวัดแสง (จากหลอดฮาโลเจน) ที่สะท้อนบนผิวของผลไม้ ใช้ได้กับผลไม้ขนาดเล็กและเปลือกบางเท่านั้น เช่น แอปเปิ้ล พีช ส้ม ซึ่งหลักการนี้ใช้ไม่ได้กับผลไม้ขนาดใหญ่ที่มีเปลือกหนา การวัดความหวานของผลไม้ขนาดใหญ่ที่มีเปลือกหนาจึงต้องใช้เครื่องวัดดัชนีหักเหซึ่งต้องมีการหั่นทำลายผลไม้

เครื่องวัดน้ำตาลชนิดใหม่นี้ วางตลาดแล้วโดยใช้ชื่อว่า "Well Brix" การทำงานของเครื่องมืออาศัยลักษณะเฉพาะตัวของน้ำตาลผลไม้ที่ดูดกลืนรังสีความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรดในช่วงประมาณ 800 - 1000 นาโนเมตร และวัดความหวานของผลไม้จากความเข้มของแสงเลเซอร์ที่ลดลงเมื่อเคลื่อนที่ผ่านออกมาจากผลไม้

เครื่องวัดน้ำตาลที่ผลิตขายมีทั้งชนิดที่วางกับที่และชนิดเคลื่อนย้ายได้ ใช้สำหรับวัดความหวานของผลไม้ขนาดใหญ่และให้ข้อมูลเกี่ยวกับเวลาที่ผลไม้นั้นเหมาะสมต่อการรับประทาน เครื่องวัดน้ำตาลชนิดตั้งกับที่มีขนาดเท่า ๆ กับตู้เย็นขนาดใหญ่ ราคาประมาณ 15 ล้านบาท ส่วนเครื่องมือชนิดเคลื่อนย้ายได้สามารถนำไปใช้วัดความหวานเพื่อคัดเลือกผลไม้โดยไม่ทำลายผลไม้ ในอัตราเร็ววินาทีละ 2 ผล ราคาประมาณ 7 ล้านบาท

(จาก New Technology Japan Vol. 23, No.8

ฉบับเดือนพฤศจิกายน 1995 หน้า 27-28)

สารลดการรับรสแอลกอฮอล์ในหนู (Compound blunts taste for ethanol in hamsters)

ข่าวดีสำหรับผู้เป็นโรคพิษสุราเรื้อรัง

จากรายงานของ Wing Ming Keung และคณะวิจัยแห่งคณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยฮาร์วาร์ด ซึ่งศึกษาการควบคุมโรคพิษสุราเรื้อรัง เขาพบว่า หนูทดลอง (Syrian golden hamster) ไม่ดื่มแอลกอฮอล์ที่ผสมสาร daidzin ซึ่งเป็นสารประเภท glycosylated isoflavone ทั้งๆ ที่หนูพวกนี้ชอบดื่มแอลกอฮอล์มากกว่าน้ำ คณะวิจัยกลุ่มนี้พบด้วยว่า สาร daidzin นี้สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ aldehyde dehydrogenase (ALDH) ในไมโทคอนเดรียของมนุษย์ เป็นผลให้เกิดการยับยั้งกระบวนการเมแทบอลิซึมของอะเซทอลดีไฮด์ (acetaldehyde) ซึ่งสารอะเซทอลดีไฮด์นี้จะเกิดขึ้นในร่างกายภายหลังการดื่มแอลกอฮอล์ ในชาวเอเชียจำนวนกว่าครึ่งหนึ่งมีเอนไซม์ตัวนี้ซึ่งอยู่ในรูปแบบที่ไม่ว่องไวต่อปฏิกิริยา ซึ่งคนเหล่านี้จะมีโอกาสเป็นโรคพิษสุราเรื้อรังได้ยาก

สาร daidzin สกัดได้จากสมุนไพรจีนที่มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Radix puerariae คณะผู้วิจัยกล่าวว่า ได้มีการใช้สารสกัดจากพืชชนิดนี้ในการช่วยลดการดื่มสุรามาแล้วกว่า 400 ปีแล้วในประเทศจีน แต่เรายังไม่ทราบผลกระทบที่แท้จริงของสารนี้ต่อการดื่มแอลกอฮอล์

ด้วยยาอื่นที่ใช้เพื่อลดการดื่มแอลกอฮอล์เพื่อรักษาโรคพิษสุราเรื้อรัง เช่น ไดซัลไฟแรม (disulfiram) จะไประงับกระบวนการเมแทบอลิซึมของอะเซทอลดีไฮด์โดยตรง ทำให้อะเซทอลดีไฮด์เกิดสะสมในเนื้อเยื่อทั่วไปในร่างกายของคนป่วย ซึ่งผลที่ตามมา คือ ความไม่สบายต่าง ๆ หรือที่ร้ายแรงที่สุดก็ถึงตายได้ ผลข้างเคียงที่เกิดขึ้นเหล่านี้จะทำให้ผู้ป่วยไม่มารับการรักษาที่ใส่ยาไดซัลไฟแรมอีกต่อไป แต่จากการทดลองกับหนูแฮมสเตอร์ คณะผู้วิจัยกลุ่มนี้พบว่า สาร daidzin นี้ไม่เหมือนกับสารไดซัลไฟแรม คือไม่มีผลโดยตรงกับเมแทบอลิซึมของอะเซทอลดีไฮด์ที่เกิดจากแอลกอฮอล์ในหนู ดังนั้น ถ้าสาร daidzin ออกฤทธิ์ในมนุษย์ได้จริง เหมือนกับที่ออกฤทธิ์ในหนู คือทำให้ผู้ที่ได้รับสารนี้ไม่อยากดื่มแอลกอฮอล์ คงไม่ได้เป็นเพราะเกิดการยับยั้งการทำงานของ ALDH อย่างแน่นอน เราจึงต้องติดตามผลความก้าวหน้าในเรื่องนี้ต่อไป

(จาก *Chemical and Engineering News*, Vol 73, No. 40 ฉบับเดือนตุลาคม 1995 หน้า 64)

สถิติที่น่าสนใจของประเทศไทย

United Nations ได้รวบรวมสถิติเพื่อใช้ ด้านอุตสาหกรรม อุตสาหกรรมที่ประเทศ
เป็น Indicators ใน Asia และ Pacific สถิติที่น่าสนใจ ไทยผลิตได้มากในปี 1995 ได้แก่ Cement รองลง
มาคือ lignite และ Gypsum ดังตารางต่อไปนี้

(หน่วย : 1,000 Metric Tons)

อุตสาหกรรม	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.
Cement	2570	2986	3450	2780	2955	3013	2860
Lignite	1779.3	1215.5	1520.2	1612.0	1787.2	1932.0	1864.4
Gypsum	645.4	657.8	652.6	702.4	772.3	763.4	863.6

ยังมีสถิติที่น่าสนใจด้านอื่น ๆ อีก ซึ่งจะ
นำเสนอต่อไปในฉบับหน้า

(จาก *Statistical Indicators for Asia and the
pacific, Vol. XXV, No.4, December 1995,*
United Nations)

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทความพิเศษ

UNU-KEK POST-GRADUATE COURSE ON SYNCHROTRON RADIATION

TOKYO & TSUKUBA, March 25 - April 8 1996

เอกพรรณ สวัสดิ์ชิตัง*, วิทยา อมรกิจบำรุง*, ประเสริฐ แข่งขัน*
และ ธนากร โอสจันทร**

เครื่องบินของสายการบินออลนิปปอน แอร์เวย์ เที่ยวบินที่ NH 916 ลงแตะพื้นของสนามบิน นาริตะอย่างนุ่มนวลเมื่อเวลา 6.20 นาฬิกา เมื่อผ่านขั้นตอนการตรวจตราต่าง ๆ เรียบร้อยแล้ว พวกเราทั้งสี่ คนก็เลิกรถบัสเที่ยว 7.55 น. เป็นพาหนะเดินทางเข้าสู่ตัวเมืองโตเกียว ซึ่งใช้เวลาประมาณเกือบสองชั่วโมง เนื่องจากโรงแรมที่เราจะเข้าพักเป็นสถานที่สุดท้ายที่รถบัสจะนำส่งผู้โดยสาร และต้องผจญกับจราจรติดขัด (เล็ก ๆ เมื่อเทียบกับกรุงเทพฯ บ้านเรา) สภาพอากาศในวันนั้นเย็นมาก มีแสงแดดทั้งวัน แต่หนาวอย่าบอกใครเชียว แค่ 2°C เท่านั้นเอง



รูปที่ 1 ผู้เข้าอบรม ผู้จัด และส่วนหนึ่งของผู้บรรยายหลักสูตร

UNU-KEK POST-GRADUATE COURSE ON SYNCHROTRON RADIATION

* ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002

** ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพฯ 10400

กลุ่มนักเรียน (ชิง) ที่จะมาเข้าเรียนและฝึกปฏิบัติการที่ได้สำรวจจากเอกสารที่ได้รับแจก มีทั้งหมด 39 คน จาก 13 ประเทศ (รวมทั้งประเทศเจ้าภาพด้วย) ได้เริ่มทยอยมายังโรงแรม Sunshine City Prince Hotel ซึ่งอยู่ในย่าน Ikebukuro มีห้างสรรพสินค้าใหญ่ Mitsukoshi อยู่ในตัวอาคารเดียวกันเหมาะและสะดวกสำหรับลูกค้าของโรงแรมที่จะเดินเตร็ดเตร่หรือ shopping แต่พวกเราไม่กล้าซื้ออะไรเลยเพราะสินค้าแพงมาก เย็นของวันนั้นพวกเราลงทะเบียนกันที่โรงแรม และรับประทานอาหารเย็นในรูปแบบฉบับญี่ปุ่น เมื่อท้องอืดพวกเราจึงพอมีเวลาเดินสำรวจสถานที่ละแวกนั้น ก่อนกลับเข้ามาพักผ่อน

เช้า 25 มีนาคม 2539 หลังอาหารเช้า ทุกคนถูกนัดหมายให้มารวมกันที่ล็อบบี้ของโรงแรมเพื่อเดินทางไปยังมหาวิทยาลัยสหประชาชาติ (UNU, The United Nations University) ซึ่งชื่อก็บอกว่าเป็นของหลายชาติ ดำเนินกิจการต่าง ๆ ทางด้านการให้การศึกษาระยะสั้น เช่น จัดฝึกอบรม เน้นไปทางด้านมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์เสียส่วนใหญ่ พึ่งจะมานั้นทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีก็เห็นจะเป็นครั้งนี้ ตัวตึกใหญ่มาก มีห้องมากมายสารพัดชนิด รวมทั้งห้องพักสำเร็จรูปตามแบบของคนญี่ปุ่น สำหรับนักศึกษาที่ได้รับทุนจาก UNU และเข้ามาทำวิทยานิพนธ์ในประเทศญี่ปุ่น

พวกเรายังไม่ถึงไหนกันเลยนะครับ เมื่อมาถึง UNU ก็มีพิธีเปิดกล่าวต้อนรับโดยประธานของหลักสูตรและคนสำคัญอีกหลายคน หลังอาหารกลางวันจึงมีการนำชมห้องหับต่างๆภายในตัวอาคาร นำอยู่น่าใช้ น่ามาทำงาน และ ฯลฯ จากนั้นรถบัสคันเดิมพาพวกเราออกเดินทางสู่เมือง Tsukuba ซึ่งได้รับขนานนามว่าเป็นเมืองแห่งวิทยาศาสตร์ เพราะประชากรส่วนใหญ่ของเมืองคือนักวิทยาศาสตร์ที่ทำงานวิจัยอยู่ ณ ที่แห่งนี้

เรามาถึงจุดหมายปลายทาง คือ The National Laboratory for High Energy Physics ย่อว่า KEK ตัวย่อไปกันคนละเรื่องเพราะเขาย่อจากภาษาญี่ปุ่น แต่แปลแล้วได้ความหมายแบบเดียวกัน พวก

เราขนกระเป๋าเข้าห้องพักที่จัดไว้ให้ แล้วจึงไปยังสถานที่รับประทานอาหาร ซึ่งจัดไว้เฉพาะสำหรับกลุ่มพวกเรา เพราะจะต้องกินอยู่ที่นี้ถึง 14 วันเต็ม ๆ ในห้องอาหารพวกเราถูกนัดหมายและทบทวนกำหนดการต่าง ๆ ของวันพรุ่งนี้ เพื่อให้เป็นที่เข้าใจกันถูกต้อง

หลักสูตรในช่วงแรกแปดวันเต็ม ๆ คือ ฟังการบรรยายภาคทฤษฎี โดยผู้เชี่ยวชาญและนักวิชาการระดับศาสตราจารย์ที่มีชื่อเสียงเฉพาะทาง จากประเทศต่าง ๆ 8 ประเทศ ทั้งหมด 23 คน ช่วงเย็นของบางวันหลังการฟังบรรยายจาก 16.30-18.00 ก็จะเป็นรายการนำชมห้องปฏิบัติการต่าง ๆ เช่น ในเย็นของวันแรก พวกเราถูกแบ่งเป็นสี่กลุ่ม ทุกกลุ่มจะเข้าชมห้องปฏิบัติการหมุนเวียนจนครบ เริ่มตั้งแต่ส่วนเร่งอนุภาคอิเล็กตรอนให้มีความเร็วใกล้เคียงเป็นแนวยาวถึง 400 เมตร เรียกว่า LINAC และส่วนที่เก็บกักอิเล็กตรอนให้โคจรเป็นวงกลม มีพลังงานได้สูงถึง 2.5 GeV เรียกว่า Electron Storage Ring ซึ่งอยู่ในตัวอาคารที่มองเห็นเหมือนตึกกลม เรียกว่า โรงงานผลิตแสง (Photon Factory) ระบบเหล่านี้ประกอบด้วย แม่เหล็ก, ท่อสุญญากาศ, ระบบให้พลังงานด้วยคลื่นในย่านความถี่ RF จำนวนมากมายหลายชุด ตรงตำแหน่งที่จะนำเอาแสงพลังงานสูงออกมาใช้ จะใส่อุปกรณ์เฉพาะเข้าไปเรียกว่า Insertion Devices มีทั้งแบบที่เรียกว่า Undulator และ Wiggler ขึ้นอยู่กับการออกแบบแม่เหล็ก บางตำแหน่งก็มี Superconducting Magnet ด้วย แสงที่เกิดจากการแผ่รังสี (Synchrotron Radiation) เนื่องจากอิเล็กตรอนเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ที่จะนำมาใช้ประโยชน์ได้ก็ไม่น่าจะยาก เพราะจะต้องมีเส้นทางเดินเฉพาะสำหรับมัน เรียกว่า Beamline ซึ่งสามารถออกแบบได้หลากหลายแล้วแต่วัตถุประสงค์ของผู้ทำการศึกษาว่าจะทำอะไรและอย่างไร จำนวน Beamline ที่นับได้มีทั้งหมด 27 Beamline มีหน่วยงานทั้งของภาครัฐและเอกชนเป็นเจ้าของของแต่ละ Beamline (เพราะต้องออกแบบและสร้างเอง ราคาเท่าที่ทราบแต่ละ Beamline มีมูลค่า

ไม่น้อยกว่าร้อยล้านบาท) และมีอยู่หนึ่ง Beamline ที่เป็นของประเทศออสเตรเลีย Beamline เหล่านี้ ใครจะไปขอใช้ก็ได้เนอะครับ ขอให้ มี Project ดี ๆ เสนอเข้าไปให้เขาพิจารณา

ในวันต่อมาพวกเราก็ได้มีโอกาสไปชมส่วนอื่น ๆ อีก เช่น ห้องปฏิบัติการสำหรับงานค้นคว้าวิจัยที่ใช้นิวตรอนระดับพลังงานต่าง ๆ กัน และยังได้ชมห้องปฏิบัติการที่ชื่อว่า TOPAZ อันเป็นสถานที่สำหรับตรวจวัดรังสีและอนุภาคต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นจากการเร่งอนุภาคพลังงานสูง คือ อิเล็กตรอนและโพสิตรอน (มีมวลเท่าอิเล็กตรอนแต่ประจุเป็นบวก) ให้มาชนกัน ภายใน Accumulator ring ซึ่งมีชื่อเรียกเฉพาะว่า TRISTAN นอกจากนี้เรายังได้เข้าไปดู Workshop และส่วนตรวจสอบมาตรฐานและปรับระดับ (Alignment) เครื่องมือก่อนส่งไปใช้งานจริง

จาก 26-29 มีนาคม พวกเราทุกคนเหนื่อยมาก พอถึง 30 มีนาคม ทุกคนรู้สึกตื่นเต้นกระชุ่มกระชวย และตื่นนอนกันแต่เช้าเป็นพิเศษเพราะรถบัสคันใหญ่จะพาพวกเราไปเที่ยวและพักผ่อนยังเมือง Nikko ซึ่งเป็นเมืองท่องเที่ยวที่มีชื่อเสียงมากเมืองหนึ่งของญี่ปุ่น มีสถานที่สำหรับเล่นสกี มีบ่อน้ำพุร้อนตามธรรมชาติ มีวัดเก่าแก่ที่นักท่องเที่ยวทุกคนไม่ว่าจะเป็นคนญี่ปุ่นหรือชาวต่างชาติจะต้องมาดู คือ Toshogu Shrine หลังจากดูวัดและพักรับประทานอาหารกลางวันซึ่งเป็นหมี่ร้อน ๆ แบบที่เรียกว่า Ramen ซึ่งเข้ากับบรรยากาศที่หนาวเย็นและฝนตกพริ้ว ๆ รถก็พาเราไต่ภูเขาที่สูงชันไปตามทางที่วกวนแบบพับผ้า ไกด์สาวชาวญี่ปุ่นก็จะบรรยายภูมิศาสตร์ ประวัติศาสตร์ไปเรื่อย ๆ โดยมีชาวออสเตรเลียเป็นล่ามแปลเป็นภาษาอังกฤษ พวกเราแวะน้ำตก Ryuto แต่ก็ต้องผิดหวังเพราะไม่มีน้ำ และบางส่วนกลายเป็นน้ำตกน้ำแข็ง รถจึงมุ่งสู่ที่พักสไตล์ญี่ปุ่นที่เรียกว่า Ryokan เมื่อไปถึง Kamaya Ryokan พวกเราแยกย้ายกันไปตามห้องพักที่เตรียมไว้ให้แล้ว ทุกคนผลัดเปลี่ยนเสื้อผ้าอยู่ในชุดลาลองแบบสบาย ๆ ที่เรียกว่า Yukata แล้วก็มุ่งหน้า ไปยังห้องอาบน้ำร้อนที่เรียกว่า Onzen ซึ่งแยกเป็นห้องผู้หญิง ห้องผู้ชาย ไม่ปะปน

กัน พวกเราลำบากในการแยกแยะว่าห้องไหนหญิง/ชาย เพราะเขียนเป็นภาษาญี่ปุ่น ก็เลยใช้ไหวพริบน้อย คือยืนรอให้มีคนมาเข้าแล้วค่อยเดินตามเขาเข้าไป น้ำพุร้อน ๆ อุณหภูมิประมาณ 50° C หรือว่าส่งกลิ่นกำมะถันอ่อน ๆ ทำให้ผ่อนคลายได้มาก ใครจะลองแช่แบบที่อยู่กลางแจ้งที่มีหิมะและอากาศเย็น ๆ ก็ได้ ให้บรรยากาศอีกแบบ

ตกเย็นตามเวลานัดหมาย พวกเราก็มานั่งรับประทานอาหารในแบบญี่ปุ่นบนเสื่อที่เรียกว่า Tatami (เช่นเดียวกันกับที่ปูในพื้นที่ห้องนอน) อาหารมีหลากหลายทั้งปลาดิบ ปลาเค็ม เส้นหมี ผักดอง สลัด และซูชิ ส่วนจานหลักคือ Shabu Shabu ประกอบด้วยผักและเนื้อหั่นบางชิ้นปานกลางคลุกเคล้าบนกระทะ เครื่องดื่มที่ขาดไม่ได้เลยคือ เบียร์ และวันนี้มีสาเกอุ่น ๆ เทจากกระบอกเหมือนแจกัน ต้มในถ้วยเล็ก ๆ ทุกคนสนุกสนานไปกับอาหารแปลก ๆ จนถึงเวลาอันควรก็แยกย้ายกันไปพักผ่อน

31 มีนาคม 2539 อากาศดีมากไม่เหมือนเมื่อก่อน หลังอาหารเช้าพวกเราไปเดินย่ำหิมะเล่นจนถึงวัดเล็ก ๆ อยู่ไม่ไกลจากที่พัก จากนั้นก็วกกลับมายังทะเลสาบที่สะท้อนแสงแดดเป็นประกายระยิบระยับ ชมความงามของทัศนียภาพได้ไม่นานก็ต้องกลับมาขึ้นรถเพื่อเดินทางกลับ โดยจะต้องแวะรับประทานอาหารกลางวัน ที่ Karasuyama ซึ่งมีรูปแบบที่แปลกออกไปอีก คือ นั่งบนพื้นยกสูงปูด้วยตาตานิ แต่ละกลุ่มจะต้องนั่งรอบเตาฮีเทิลียมผืนผ้ากว้างสักครึ่งเมตร ยาวสัก 2 เมตร ในเตามีทรายอยู่เกือบเต็มเพื่ออย่างปลา เนื่องจากอาหารที่ขึ้นชื่อของที่นี่คือปลาที่จับได้จากแม่น้ำที่อยู่ข้าง ๆ กันกับภูเขาศาครที่มีหลังคาสูงแต่โล่ง ไม่มีผืนง ทำให้อาหารเย็นจากลมที่พัดมาได้เต็มที่ วันนี้เราไม่ได้ย่างปลาตนเองแต่เขาย่างเตรียมไว้ให้เราแล้ว เสริจจากอาหารรถก็นำพวกเราไปชมโรงงานผลิตกระดาษ Washi Kaikan เป็นแบบอุตสาหกรรมในครัวเรือน ได้เห็นกรรมวิธีผลิตกระดาษแบบเก่าก่อน มีเวลาที่นี้ไม่มากนัก เพราะมีที่ต่อแวะอีก 2 แห่ง คือ โรงงานผลิตเหล้าสาเกและโรงงานเชรามิกส์

เมื่อรอมมาถึงโรงงานผลิตสาเกที่มีชื่อว่า Shimazaki Shuzo พวกเราได้ดูวิดีโอบรรยายขบวนการขั้นตอนในการผลิตก่อนการเข้าชมสถานที่จริง ซึ่งไม่มีการสาธิต เพราะเมื่อเป็นวันหยุดไม่มีคนมาทำงาน ทางผู้ต้อนรับจึงพากันไปชิมสาเกชนิดต่าง ๆ หลายคนซื้อติดไม้ติดมือกลับบ้านด้วย

สถานที่สุดท้ายที่เราแวะ คือ โรงงานผลิตถ้วยชามที่ Mashiko ที่มีเจ้าหน้าที่สาธิตวิธีขึ้นรูปภาชนะแบบต่าง ๆ และทางผู้จัดก็ทำให้เราประหลาดใจด้วยการแจกถ้วยให้เป็นที่ระลึกจากฝีมือการระบายภาพด้วยตัวเราเอง ทุกคนจึงวาดลวดลายกันอย่างเต็มที่บนถ้วยของใครของมัน อีกหนึ่งสัปดาห์ภายหลังที่ถูกเคลือบและเผาแล้ว ถ้วยจะถูกส่งมาให้เราทันก่อนกลับบ้าน ขากลับไกด์สาวก็เปิดคาราโอเกะบนรถร้องเพลงกล่อมพวกเรา หลายคนถูกเชิญให้ร้องเพลง ก็สนุกพอประมาณและกลับถึงที่พักก็มีดีพอดี

ตามโปรแกรมเราต้องฟังการบรรยายอีกสี่วันจึงจะได้ลงมือทำปฏิบัติการจริง ซึ่งระหว่างนี้มีโปรแกรมภาคกลางคืนหลังอาหารเย็นรวมอยู่ด้วยเป็นบางครั้ง โดยทุกชาติได้รับเชิญให้พูดถึงประเทศตัวเองในด้านต่าง ๆ รวมทั้งโครงการเกี่ยวกับซิงโครตรอน สำหรับประเทศไทยก็มีโครงการซิงโครตรอนแห่งชาติเช่นกัน โดยได้รับความร่วมมือจากประเทศญี่ปุ่น ซึ่งเขาขอให้เรียกว่าเป็นโครงการถ่ายทอดเทคโนโลยี คือ ทางเราจะได้รับเครื่องซิงโครตรอนขนาดเล็ก พลังงานประมาณ 1.2 GeV จากศูนย์ SORTEC โครงการนี้อยู่ในระยะแรกซึ่งรวมไปถึงการออกแบบตัวตึกและสร้างพร้อมส่วนสำคัญอื่นๆอีก เช่น ระบบไฟฟ้า ระบบน้ำหล่อเย็น โครงการนี้จะใช้สถานที่ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และคาดว่าจะในอีก 3 ปีข้างหน้าจึงจะใช้ประโยชน์ได้จริง ๆ ความคืบหน้าต่าง ๆ จะพยายามนำเสนอท่านผู้อ่านเป็นระยะ ๆ ไป

เมื่อช่วงปฏิบัติการมาถึงสามวันสุดท้ายของหลักสูตร ทุกกลุ่มที่จัดแบ่งไว้แล้ว (ตามที่เลือกหัวข้อไว้) จะเข้าทำปฏิบัติการจริงกับ Beamline

ต่าง ๆ เช่น Beamline ของบริษัท Fujitsu ศึกษาผิวของฟิล์มบางเพื่อหาความหนา ความสม่ำเสมอ โดยวิธีเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์และการสะท้อน โดยมีผู้เชี่ยวชาญคอยให้คำแนะนำและควบคุมอย่างใกล้ชิด ได้รับความรู้เพิ่มพูนขึ้น จนพวกเราารู้สึกว่าเวลาที่จัดให้ทำปฏิบัติการน้อยเกินไป และควรให้ทำปฏิบัติการมากกว่าหนึ่งเรื่อง ช่วงนั้นเองที่พวกเราได้สัมผัสใกล้ชิดเครื่องมือเทคโนโลยีสูงต่าง ๆ พวกเราแวะเวียนเยี่ยมกลุ่มอื่น ๆ ด้วยเท่าที่เวลาจะอำนวยให้ได้ แต่ละหัวข้อเรื่องน่าสนใจและแตกต่างกันออกไป ผู้ที่เข้าร่วมอบรมในหลักสูตรนี้หลายคนมีประสบการณ์มาแล้ว เพราะเคยทำงานในห้องปฏิบัติการแสงซิงโครตรอนในประเทศของตนเอง เช่น ไต้หวัน, จีน, เกาหลี, รัสเซีย สำหรับพวกเราทั้งสี่คนจากประเทศไทยขอยอมรับว่าเป็นเรื่องใหม่ที่น่าสนใจมาก เป็นเรื่องที่มีอะไร ๆ ให้เรียนรู้ได้มากมาย เย็นวันนี้มีงานเลี้ยงอำลาหลังจากนั้น และพวกเรากลุ่มหนึ่งก็ไปสังสรรค์กันต่อได้ดื่มชากระที่บานทันให้เห็นพอดี พวกเราร้องเพลง ดิมเบียร์, ไวน์, วิสกี้, สาเก และน้ำผลไม้ สมควรแก่เวลาจึงแยกย้ายกันไปนอน

เช้าตรู่ของวันที่ 8 เมษายน 2539 ทุกคนตื่นแต่เช้าเพื่อนั่งรถกลับเข้า UNU ที่โตเกียว กระเป๋าสัมภาระต่าง ๆ ถูกส่งไปล่วงหน้าแล้วยังเมือง Harima Science Garden City อันเป็นที่ตั้งของ JAPAN SYNCHROTRON RADIATION RESEARCH INSTITUTE (JASRI) ซึ่งเป็นโครงการซิงโครตรอนที่ใหญ่ที่สุดในโลกขณะนี้ เพราะพลังงานที่ได้อยู่ในระดับ 8 GeV เป็นเจเนอเรชันที่สามล่าสุดเลยที่เคยมี โครงการนี้เริ่มต้นขึ้นในปีพ.ศ. 2532 และกำหนดแล้วเสร็จสำหรับการสร้างในปีพ.ศ. 2540 และจะเริ่มเปิดให้ใช้ได้ในปีพ.ศ. 2540 เครื่องซิงโครตรอนตัวนี้มีชื่อเรียกว่า SPring-8 (Super Photon Ring - 8 GeV)

หลังพิธีปิดที่ UNU พวกเราถูกแบ่งเป็นกลุ่มย่อย ๆ อีก 7 กลุ่ม ผู้นำกลุ่มคือนักศึกษาญี่ปุ่นที่เข้าร่วมอบรมในหลักสูตร ทั้งนี้ก็เพราะว่าพวกเราจะต้องเดินทางโดยรถไฟใต้ดิน (Subway) ไปยังสถานี

โตเกียว ซึ่งผู้คนพลุกพล่านมาก และทุกคนคงไม่
อยากหลงทางเป็นเด็กกำพร้าข้างถนน ทุกคนได้รับ
แจกตั๋วเดินทางชนิดต่าง ๆ ตั้งแต่อยู่บนรถแล้ว จึงมุ่ง
หน้าสู่ที่หมายโดย Subway Ginza Line แล้ว
เปลี่ยนเป็น Marunouti Line ระบบขนส่งมวลชน
ของเขาดีมาก ชั่วโมงถึงสถานีที่พวกเราไปถึงสถานี
โตเกียว Mrs. Mori ซึ่งเป็นเลขานุการที่จัดการเรื่อง
ราวแทบทุกอย่างให้พวกเรามาส่งด้วย เธอเตรียม
ข้าวกล่อง (ห่อสวยงามมาก ขอชมตรงที่ว่า packing
ของญี่ปุ่นสวยที่สุดในโลก) และนำมาให้เพื่อรับ
ประทานบนรถไฟหัวกระสุน (Shinkansen) มีนามว่า
Hikari หมายถึง แสง ซึ่งจะเป็นพาหนะนำพวกเรา
ทุกคนไปยังเมืองปลายทาง Aioi ซึ่งใช้เวลา 4 ชั่วโมง
โดยต้องเปลี่ยนจากเจ้า Hikari เป็น Kodama
(หมายถึง เสียงก้อง) ที่เมือง Himeji พวกเรา
เพลิดเพลินกันมากบนรถไฟหัวกระสุนที่สะอาดสะอ้าน
สะดวกสบาย ผมชวนอาจารย์ธนากรไปเดินสำรวจ
บนขบวนรถไฟจนถึงชั้นพิเศษที่เรียกว่า Green Car
และดูเสบียง เมื่อถึง Aioi มีรถบัสคันใหญ่จอดรอที่
ข้างสถานีเพื่อนำเราไปสู่ที่พักรับรองเฉพาะสำหรับ
แขกหรือนักวิจัยของ SPring-8 ห้องพักใหม่และตกแต่ง
ไว้สวยงาม พวกเราจากผู้ที่ทำหน้าที่รับรองว่า
พวกเราเป็นกลุ่มแรก ๆ ที่มาเข้าพักที่นี่ สุนัขหอย่อม
ถูกจัดไว้สวยงามและแปลกตา มีห้องครัว ห้องซักผ้า
เตารีด เครื่องขยายเครื่องดื่ม บุหรี่และขนมขบเคี้ยว มี
Gallery เป็นโถงใหญ่ แต่ยังไม่เปิดปิดปรกมใด ๆ มา
ตั้งแสดง มีห้องประชุม ห้องสัมมนาขนาดต่าง ๆ
พร้อมห้องอาหารครบครัน ห้องอ่านหนังสือและห้อง
เล่นเกมสกีก็มีด้วย เย็นของวันนั้นมีงานเลี้ยงรับรอง
และนัดหมายโปรแกรมสำหรับเช้าของวันใหม่

เช้าวันที่ 9 เมษายน 2539 หลังอาหารเช้า
ผมชวนอาจารย์ประเสริฐไปเดินสำรวจบริเวณรอบ ๆ
แล้วเราก็พบ Harima Institute of Technology,
Faculty of Science ซึ่งอยู่บนเนินเขาไม่ไกล เมื่อ
ถึงเวลานัดเรากลับมาชนสัมพันธ์ทั้งหมดขึ้นรถบัส
และมุ่งสู่บริเวณ SPring-8 ที่นี่เราฟังผู้เชี่ยวชาญ
4 คน บรรยายเรื่องราวความเป็นมาของโครงการนี้

โครงการวิจัยต่าง ๆ และเทคโนโลยีการออกแบบสร้าง
Beamline แบบต่าง ๆ จากนั้นพวกเราถูกแบ่งเป็น
2 กลุ่มเพื่อเข้าชมสถานที่จริงที่กำลังก่อสร้าง แล้วจึง
กลับมารับประทานอาหารกลางวันที่โรงแรม จากนั้น
รถบัสจึงพาเรากลับมายังสถานี Aioi ที่นี่หลายคน
ต้องอำลาจากกัน ยังเหลือพวกเราอยู่บนรถอีก
ประมาณ 20 คน ที่ต้องมุ่งหน้าต่อไปยังโรงแรมที่พัก
ใกล้สนามบินคันไซ ซึ่งเป็นสนามบินในทะเลของ
เมืองโอซากา ในวันที่ 10 เมษายน 2539 เที่ยวบินที่
NH 151 ของสายการบิน ออกินาโอะแอร์เวย์ ก็
นำเรากลับสู่เมืองไทยโดยสวัสดิภาพ

ภาคผนวก

Photon จากเครื่อง Synchrotron

เมื่ออนุภาคที่มีประจุ เช่น อิเล็กตรอน ถูกบังคับให้วิ่งเป็นทางโค้ง มันจะแผ่รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกมา เรียก Photon โดยความยาวคลื่นจะขึ้นอยู่กับพลังงานของอิเล็กตรอนขณะวิ่งเป็นทางโค้งนั่นเอง ตามความสัมพันธ์ $E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$; $E \propto \frac{1}{\lambda}$ ถ้าต้องการ photon ที่มี λ สั้นมาก ๆ จะต้องเร่งอิเล็กตรอนให้มีพลังงานสูงมาก ๆ

เครื่อง Synchrotron ถือว่าเป็นเครื่องกำเนิดแสง (Light Source) อย่างหนึ่ง คล้ายกับหลอดไส้ทั้งเสดที่เป็ต้นกำเนิดแสงในช่วงตามองเห็น (Visible Light) ในสมัยแรก ๆ ของการสร้างเครื่อง Synchrotron พลังงานอิเล็กตรอนยังไม่สูงพอที่จะได้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าช่วงรังสีเอกซ์ จึงได้

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงตามองเห็น ซึ่งเราเรียกว่า แสง (Light) แต่ปัจจุบันนี้แสงจากเครื่อง Synchrotron รวมถึงช่วง UV และ X-rays จึงเรียกแสงนี้ว่า Photon น่าจะเหมาะกว่า

ส่วนมากเราใช้ประโยชน์จาก Synchrotron ในฐานะที่เป็น Light Source ในทาง Spectroscopy ด้วยคุณสมบัติที่เหนือกว่า Light Source ทั่ว ๆ ไป ของเครื่อง Spectrometer ทั่ว ๆ ไป ทำให้งานด้าน Spectroscopy ที่ใช้ Light Source จากเครื่อง Synchrotron มีรายละเอียดมากขึ้น เห็นในสิ่งที่ Spectrometer ทั่ว ๆ ไปไม่เห็น ทำให้เข้าใจพื้นฐานความรู่มากขึ้นในสิ่งต่าง ๆ เช่น ด้านวิทยาศาสตร์ ด้านปฏิกิริยาเคมี ด้านการแพทย์ เป็นต้น

ข้อมูลจำเพาะบางอย่างของเครื่อง Synchrotron ที่ได้ไปเยี่ยมชม

ชื่อเครื่อง	เส้นรอบวงของ Storage ring (m)	ความยาวคลื่นพลังที่ผลิตได้ (Å)
SORTEC	81.3	~ 10
Photon Factory	187	~ 1
SPring-8	1,436	~ 0.5

นอกจากเหตุผลที่ Photon ที่ 1 ล้าน จะมี ความสามารถตรวจจับขนาดเล็กกว่าแล้ว ความเข้มของ Photon จากเครื่อง Synchrotron มีพลังงานสูงกว่าจะให้ Photon ที่เข้มกว่า ซึ่งย่อมทำให้เห็นรายละเอียดของวัสดุได้มากกว่าด้วย

ท้ายที่สุดนี้ การไปฝึกอบรมในครั้งนี้ได้เห็น การวิจัยวิทยาศาสตร์พื้นฐานของประเทศที่เจริญทาง อุตสาหกรรม อย่างเช่น ญี่ปุ่น ว่าเขาให้ความสำคัญของสิ่งนี้ขนาดไหน การวิจัยพื้นฐานเป็นการ ลงทุนมาก จึงต้องร่วมมือกันทั้งภาครัฐและเอกชน,

จากบริษัทที่ผลิตสินค้าอุตสาหกรรมหลาย ๆ บริษัท ร่วมกันลงทุน ขนาดเงินลงทุนเป็นเงินหลายร้อย Billion Yen อย่างเช่น โครงการ SPring-8 ทำให้ หวนคิดถึง การส่งเสริมการวิจัยพื้นฐานในเมืองไทย ซึ่งส่งเสริมกันด้วยเงินที่น้อยกว่ามาก แต่มักจะถาม ถึงประโยชน์ในเชิงพาณิชย์หรืออุตสาหกรรม ซึ่งก็ เข้าทำนอง “ทำของดีราคาถูก” นั่นเอง ซึ่งเป็นที่ ประารถนาของทุกประเทศ และก็ทำได้ยากขึ้นเรื่อย ๆ เพราะต่างคนต่างแข่งขันกันทำ “ของดีราคาถูก” ดังนั้นมันจึงไม่มี จึงกลายเป็น “ของดีราคาแพง” ไปแล้ว เพราะมีการลงทุนวิจัยกันมาก



เทคโนโลยีสารสนเทศ (Information Technology)

สมจิตร อาจอินทร์*

เทคโนโลยีสารสนเทศ เป็นกระบวนการของการนำสารสนเทศมาใช้ประโยชน์ โดยสารสนเทศนั้นอาจมีอยู่ในหน่วยงานหรือเป็นสารสนเทศจากแหล่งอื่น ๆ โดยอาศัยเทคโนโลยี 2 ด้านคือ เทคโนโลยีด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีด้านการสื่อสาร

วิวัฒนาการของเทคโนโลยีด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีด้านการสื่อสาร

๑ เทคโนโลยีด้านคอมพิวเตอร์

เป็นเทคโนโลยีที่ประกอบด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ข้างเคียงต่าง ๆ เช่น เครื่องพิมพ์ ดิสก์และอุปกรณ์หลายสื่อ (multimedia) เป็นต้น

วิวัฒนาการของคอมพิวเตอร์เริ่มต้นด้วยการใช้ลูกคิดในการคำนวณอย่างง่ายและพัฒนาเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องแรกของโลกเมื่อปี ค.ศ.1832 และพัฒนาขึ้นมาเรื่อย ๆ จนในปัจจุบันมีเครื่องที่มีประสิทธิภาพสูงมากเรียกว่าซูเปอร์คอมพิวเตอร์ ดังตารางแสดงลำดับวิวัฒนาการของเทคโนโลยีด้านคอมพิวเตอร์ในตารางที่ 1

แนวโน้มพัฒนาการเทคโนโลยีด้านคอมพิวเตอร์มี 3 ทิศทางคือ

□ **ขนาดของเครื่องคอมพิวเตอร์เล็กลง**
ในระยะแรก ๆ เครื่องคอมพิวเตอร์จะมีขนาดใหญ่

เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์รุ่น ENIAC ต้องใช้ห้องขนาดไม่น้อยกว่า 4 x 10 ตารางเมตร แต่ในปัจจุบันเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพไม่น้อยกว่า ENIAC มีขนาดระดับไมโครคอมพิวเตอร์ สามารถติดตั้งบนโต๊ะทำงานได้ โดยใช้เทคโนโลยีใหม่ ๆ เช่น การรวมวงจรการทำงานหลาย ๆ อย่างมาไว้ในแผงวงจรเล็ก ๆ แผงเดี่ยว (ICs : Integrated Circuits)

□ **มีประสิทธิภาพสูงขึ้น** เช่น มีความเร็วในการประมวลผลสูงขึ้น มีหน่วยความจำมากขึ้น สามารถเก็บข้อมูลได้มากขึ้น ทั้งที่เป็นฮาร์ดดิสก์และคอมแพคดิสก์ (CDs : Compact disks) ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลภาพและเสียงเพื่อการแสดงผลได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้ง CD-I (Compact Disk Interactive) เป็นคอมแพคดิสก์ที่สามารถเก็บและแสดงภาพเคลื่อนไหวได้อย่างมีประสิทธิภาพ

□ **ราคาถูกลง** ตัวประมวลผล (processor) ซึ่งเป็นอุปกรณ์หลักของเครื่องคอมพิวเตอร์มีราคาถูกลงเป็นอย่างมาก และมีการนำเทคโนโลยีการผลิตใหม่ ๆ มาใช้ ทำให้ราคาเครื่องคอมพิวเตอร์ถูกลงตามไปด้วย ทำให้แนวโน้มในอนาคตการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์จะแพร่หลายเหมือนการใช้เครื่องคิดเลขในปัจจุบัน

* ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ตารางที่ 1 แสดงวิวัฒนาการของเทคโนโลยีด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีด้านการสื่อสาร

ช่วงเวลา	เทคโนโลยีด้านคอมพิวเตอร์	เทคโนโลยีด้านการสื่อสาร
3000 ปี ก่อน ค.ศ.	ใช้เครื่องคิดเลขในการคำนวณ	
ค.ศ. 1832	เครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องแรกชื่อ Babbage's analytical engine	สามารถพิมพ์หนังสือเป็นรูปเล่ม
ค.ศ. 1890	มีบัตรเจาะรูสำหรับการประมวลผล ข้อมูล	มีโทรศัพท์
ค.ศ. 1946	คอมพิวเตอร์ ENIAC เครื่องแรกใช้ ในอเมริกา	มีการส่งสัญญาณทีวีสี
ค.ศ. 1950		มีทีวีตามสาย (cable TV)
ค.ศ. 1957		มีดาวเทียมโดยประเทศรัสเซีย
ค.ศ. 1964	เครื่อง IBM mainframe เปิดตัว	
ค.ศ. 1970	มีไมโครโปรเซสเซอร์ มีการใช้แผ่นจานแม่เหล็กแบบอ่อน	มีการบันทึกภาพวีดีโอ
ค.ศ. 1977	มีเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ Apple II	มีระบบโต้ตอบในทีวีตามสาย
ค.ศ. 1981	เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ IBM เปิดตัว	มี Compact Disk
ค.ศ. 1984	เครื่อง Macintosh เปิดตัว มี laser printer	มีระบบโทรศัพท์เซลล์ลูลาร์
ค.ศ. 1993	มีระบบ multi-media	มีเกมส์ที่บรรจุใน CD-ROM
ค.ศ. 1994	บริษัท Apple และ IBM เปิดตัว เครื่อง PC ที่มีความเร็วในการแสดงผล สูง มีการรับส่งข้อมูลแบบไร้สาย	FCC เลือก HDTV เป็นมาตรฐาน

ช่วงเวลา	เทคโนโลยีด้านคอมพิวเตอร์	เทคโนโลยีด้านการสื่อสาร
ค.ศ. 1995		มีระบบโทรศัพท์พร้อมภาพที่สมบูรณ์ มีระบบให้บริการซื้อ-ขายผ่าน เครือข่ายการสื่อสาร
ค.ศ. 1996	มีการใช้คอมพิวเตอร์ในบ้านมากขึ้น	ระบบวีดีโอจะเปลี่ยนจากเทป เป็น CD
ค.ศ. 2000	มีการประชุมทางไกล (teleconferencing) แทนการเดินทาง	ระบบโทรศัพท์จะเป็น digital
ค.ศ. 2009	การทำงานจะทำที่บ้านแทนบริษัท โดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์	ระบบโทรศัพท์จะมี ประสิทธิภาพมากขึ้น
ค.ศ. 2012	สหรัฐอเมริกาจะสามารถลงคะแนน เลือกตั้งประธานาธิบดีที่บ้านโดยใช้ ระบบ online	
ค.ศ. 2015		ญี่ปุ่นจะติดตั้งสายใยแก้วนำแสง ได้ทั่วประเทศ
ค.ศ. 2030		สหรัฐอเมริกาจะติดตั้งสายใยแก้ว นำแสงได้ทั่วทุกรัฐ

๑ เทคโนโลยีด้านการสื่อสาร

ประกอบด้วยอุปกรณ์สื่อสารและสื่อ (medium) การสื่อสารต่าง ๆ เพื่อให้สามารถรับส่งข้อมูลระยะทางไกล ๆ ได้และส่งได้ทั้งข้อมูลอักขระ (text) ข้อมูลภาพ (image) และข้อมูลเสียง (sound) ในเวลาเดียวกัน เช่น โมเด็ม คู่สายโทรศัพท์ สายใยแก้วนำแสง เป็นต้น

แนวโน้มพัฒนาการเทคโนโลยีด้านการสื่อสารจะเป็นดังนี้

๒ มีช่องทางการสื่อสารที่ดี การติดต่อ

สื่อสารมี 2 ลักษณะคือ

1) การติดต่อสื่อสารแบบใช้สาย (wire หรือ cable connections) เช่น ใช้คู่สายโทรศัพท์ สายโคแอกเชียลและสายใยแก้วนำแสง

คู่สายโทรศัพท์ การติดต่อสื่อสารระหว่าง 2 จุด ต้องใช้สายโทรศัพท์ 1 คู่ ถ้าการติดต่อสื่อสารทางไกลที่มีจำนวนผู้ใช้มาก ๆ ก็จะมีปัญหาเรื่องช่องทางการสื่อสารไม่เพียงพอ ในขณะที่เดียวกับการสื่อสารผ่านคู่สายโทรศัพท์จะต้องใช้

อุปกรณ์เรียกว่า “โมเด็ม” จากผู้ส่งข้อมูลเพื่อแปลงสัญญาณข้อมูลแบบดิจิทัลจากคอมพิวเตอร์ให้เป็นสัญญาณแบบอนาล็อกก่อนส่งไปตามสายโทรศัพท์ ในทำนองเดียวกันเครื่องคอมพิวเตอร์ของผู้รับจะต้องมีโมเด็มเหมือนกันเพื่อแปลงสัญญาณแบบอนาล็อกให้เป็นสัญญาณแบบดิจิทัลรับเข้ามาเก็บไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยทั่วไปแล้วความเร็วในการรับ-ส่งข้อมูลผ่านคู่สายโทรศัพท์มีความเร็วประมาณ 9600 bps (bits per second) หรือประมาณ 1200 ตัวอักษรต่อวินาที

สายโคเอกเซียล เป็นสายสื่อสารที่พัฒนาขึ้นมาใช้ในระบบเครือข่ายระยะใกล้ สามารถรับส่งข้อมูลแบบตัวเลขได้โดยตรง ทำให้สามารถรับ-ส่งข้อมูลได้เร็วถึง 10 mbps (million bits per second)

สายใยแก้วนำแสง เป็นสายสื่อสารที่สามารถรับส่งข้อมูลได้ระยะทางไกลและมีความเร็วในการรับส่งข้อมูลได้ถึง 100 mbps จึงทำให้สามารถส่งข้อมูลได้ทั้งข้อมูลอักขระ ข้อมูลภาพ และข้อมูลเสียง และสามารถแบ่งช่องทางการสื่อสาร

(channel) เพื่อทำงานทั้งรับและส่งในเวลาเดียวกันได้หลายช่องทาง

การติดต่อสื่อสารผ่านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ โดยเฉพาะเครือข่ายระยะไกล (WAN) ควรมีช่องทางการสื่อสารที่ดีเพื่อให้สามารถส่งข้อมูลได้ทุกชนิดทั้งข้อมูลอักขระ ข้อมูลภาพและข้อมูลเสียงได้รวดเร็ว ซึ่งช่องทางการสื่อสารข้อมูลเปรียบเทียบได้เหมือนกับถนน คือถนนที่มีเลนเดียวรถยนต์จะวิ่งได้ทิศทางเดียว ถนนมีสองเลนไปและกลับจะวิ่งแข่งกันก็ลำบากต้องวิ่งตามกันไป เปรียบเทียบกับช่องทางการสื่อสารที่ใช้คู่สายโทรศัพท์ที่หนึ่งคู่สายจะใช้งานรับหรือส่งข้อมูลได้เพียงคนเดียว ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง แต่ถ้าเป็นถนนซูเปอร์ไฮเวย์ที่มีทางไปและกลับอย่างละสี่เลนทำให้รถสามารถวิ่งทิศทางละสี่ช่องทางขนานกันอีกทั้งรถทุกชนิดสามารถวิ่งได้ เปรียบเทียบได้กับช่องทางการสื่อสารที่ใช้เส้นใยแก้วนำแสง (Fiber Optic Cable) สามารถรับและส่งข้อมูลได้ครั้งละมาก ๆ และหลาย ๆ คนในเวลาเดียวกัน จึงเรียกช่องทางการลักษณะนี้ว่า “ทางด่วนสารสนเทศ” (Information Superhighway)

ตารางที่ 2 ตารางเปรียบเทียบขนาดและความสามารถในการติดต่อสื่อสารของสายสื่อสารต่าง ๆ

สายสื่อสาร	ขนาดของสาย (millimeters)	จำนวนจุดที่สามารถติดต่อสื่อสาร เทียบกับคู่สายโทรศัพท์
คู่สายโทรศัพท์	2.63	1
สายโคเอกเซียล	7.62	80
สายใยแก้วนำแสง	0.127	26,000

2) การติดต่อสื่อสารแบบไร้สาย (wireless) เช่น คลื่นวิทยุ (radio waves) และคลื่นไมโครเวฟส์ (microwaves) ซึ่งเป็นคลื่นเสียงและคลื่นแสงที่อาศัยหลักการความแตกต่างของความถี่หรือความสูงของคลื่น

คลื่นวิทยุ ใช้ในระบบวิทยุ โทรศัพท์ และการรับส่งสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่หรือโทรศัพท์ระบบเซลลูลาร์ คลื่นไมโครเวฟส์ เป็นคลื่นที่มีประสิทธิภาพมากกว่าคลื่นวิทยุ สามารถรับส่งข้อมูลได้โดยไม่มีปัญหาเรื่องตัวอาคารสูง ๆ หรือภูเขามาปิดบังคลื่น เพราะสามารถส่งจากที่สูงจากพื้นโลกได้ถึง 22,000 ไมล์

❑ มีระบบเครือข่ายการสื่อสารที่ดี

เครือข่ายการสื่อสาร เป็นเครือข่ายการเชื่อมโยงเครื่องโทรศัพท์หรือเครื่องคอมพิวเตอร์หลาย ๆ เครื่องเข้าด้วยกันด้วยอุปกรณ์การสื่อสารที่เหมาะสมเพื่อให้สามารถรับ-ส่งข้อมูลถึงกันได้ อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งแบ่งเครือข่ายการสื่อสารตามระยะทางออกเป็น 3 ลักษณะ

1) เครือข่ายระยะใกล้ (Local Area Network-LAN) เป็นเครือข่ายที่ใช้ติดต่อสื่อสารภายในอาคารเดียวกัน สายสื่อสารสามารถใช้คู่สายโทรศัพท์ สายโคแอกเชียลหรือสายใยแก้วนำแสง

2) เครือข่ายระยะกลาง (Metropolitan Area Network-MAN) เป็นเครือข่ายที่ใช้ติดต่อสื่อสารในขอบเขตพื้นที่กว้างมากขึ้น เช่น ภายในมหาวิทยาลัย ภายในจังหวัด เป็นต้น สายสื่อสารสามารถใช้คู่สายโทรศัพท์ (มีโมเด็ม) สายโคแอกเชียลที่ต้องมีเครื่องขยายสัญญาณหรือสายใยแก้วนำแสง

3) เครือข่ายระยะไกล (Wide Area Network-WAN) เป็นเครือข่ายที่ใช้ติดต่อสื่อสารระหว่างจังหวัดภายในประเทศหรือติดต่อต่างประเทศ การสื่อสารจะเป็นแบบไร้สาย เช่น คลื่นไมโครเวฟหรือสัญญาณดาวเทียม หรือติดต่อสื่อสารแบบใช้

สาย เช่น คู่สายโทรศัพท์ที่ต้องมีโมเด็ม หรือสายใยแก้วนำแสง

การใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีสารสนเทศ

การติดต่อเข้าไปใช้งานโดยผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตหรือการให้บริการอื่น ๆ สิ่งที่ใช้ใช้งานจะต้องปฏิบัติคือ การสมัครเป็นสมาชิกผู้ให้บริการเครือข่าย เช่น มหาวิทยาลัยขอนแก่น มีศูนย์คอมพิวเตอร์เป็นศูนย์ให้บริการการใช้อินเทอร์เน็ต ดังนั้นผู้ใช้งานที่ต้องการติดต่อไปในอินเทอร์เน็ตทั่วโลก จะมีวิธีการที่ง่ายและเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด (ค่าโทรศัพท์ทางไกลไปไกลรัฐบาลเป็นผู้จ่าย) คือ สมัครเป็นสมาชิกผู้ใช้อินเทอร์เน็ตที่ศูนย์คอมพิวเตอร์ก่อน หลังจากนั้นผู้ใช้สามารถเข้าไปในระบบเครือข่ายได้ทันที โดยไปใช้บริการที่ศูนย์คอมพิวเตอร์จากหน่วยงานของท่านที่เชื่อมโยงไปที่ศูนย์คอมพิวเตอร์ได้หรือติดต่อจากบ้าน (แต่ต้องเสียค่าโทรศัพท์ติดต่อไปที่ศูนย์คอมพิวเตอร์ครั้งเดียวตามอัตราค่าโทรศัพท์ขององค์การโทรศัพท์)

การใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีด้านการสื่อสารสามารถแบ่งออกได้ 3 ลักษณะ คือ

1. ด้านการติดต่อสื่อสาร (Connectivity) เป็นการติดต่อสื่อสารระหว่างหน่วยงานโดยใช้คอมพิวเตอร์เชื่อมโยงเข้าไปในระบบเครือข่าย ตัวอย่างเช่น

◆ การรับส่งจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Mail - E-Mail)

ผู้ใช้สามารถส่งจดหมายโดยใช้คอมพิวเตอร์จากที่หนึ่งไปยังผู้รับอีกที่หนึ่งได้ทั่วโลก โดยส่งผ่านระบบอินเทอร์เน็ต

◆ ระบบเครือข่ายการซื้อขายจากบ้าน (Home Shopping Network) ผู้ใช้ต้องมีหมายเลขบัญชีของธนาคารที่สามารถส่งจ่ายค่าสินค้าที่สั่งซื้อผ่านระบบออนไลน์ได้ ผู้ใช้เพียงแค่เลือกรายการ

สินค้าจากคอมพิวเตอร์ออนไลน์ที่บ้าน และส่งจ่ายเงินผ่านบัญชีธนาคารเท่านั้น สินค้าก็จะถูกจัดส่งมาให้ถึงบ้านทันที

◆ การประชุมสัมมนาทางไกล (Teleconferencing)

เป็นการประชุมทางไกลที่ผู้ร่วมประชุมอยู่ต่างจังหวัดหรือต่างประเทศโดยไม่ต้องเดินทางไปประชุม ณ สถานที่เดียวกัน แต่ใช้อุปกรณ์สื่อสาร เช่น โทรศัพท์/ดาวเทียม วีดิโอและคอมพิวเตอร์ เชื่อมโยงข้อมูลการประชุมต่าง ๆ เช่น ข้อความ ภาพและเสียงของแต่ละฝ่ายให้อีกฝ่ายได้รับทราบไปพร้อม ๆ กัน โดยใช้ช่องทางการสื่อสารที่ดี เช่น ISDN (Integrated Services Digital Network) ที่สามารถส่งข้อมูลทั้งข้อความ ภาพและเสียงไป พร้อม ๆ กันด้วยความเร็วสูง ในขณะเดียวกัน แต่ละฝ่ายมีคอมพิวเตอร์และโปรแกรมสำหรับนำเสนอข้อมูลข้อความ ภาพเคลื่อนไหวและเสียง และสามารถส่งผ่านระบบเครือข่ายให้อีกฝ่ายได้เห็นพร้อม ๆ กันทันที

◆ การใช้ทรัพยากรร่วมกัน (Shared Resource)

○ การใช้วัตถุดิบร่วมกัน เช่นในระบบเครือข่ายระยะใกล้ สามารถใช้เครื่องพิมพ์ร่วมกัน โดยมีเครื่องพิมพ์ส่วนกลางให้บริการ ผู้ใช้งานอาจอยู่คนละชั้นของอาคารสามารถส่งข้อมูลไปพิมพ์ที่เครื่องพิมพ์ส่วนกลางได้ หรือการใช้โปรแกรมร่วมกัน ในปัจจุบันกฎหมายลิขสิทธิ์ได้ออกมาบังคับใช้ นั่นคือซอฟต์แวร์ต้องซื้อมาใช้ อย่างถูกกฎหมาย แต่ถ้ามีระบบเครือข่ายสามารถจัดซื้อซอฟต์แวร์เพียงชุดเดียวและติดตั้งไว้ในเครื่องแม่ (server/host) เพียงทีเดียว ผู้ใช้สามารถเรียกใช้งานได้หลาย ๆ คน

○ การรวมกลุ่มทำงานในการพัฒนาหรือใช้ซอฟต์แวร์ เป็นกลุ่มสมาชิกในระบบเครือข่ายเพื่อร่วมกันพัฒนาซอฟต์แวร์หรือแลกเปลี่ยนความรู้ในการใช้ซอฟต์แวร์ต่าง ๆ ซึ่งเป็นวิธีการเรียนรู้ที่ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายเป็นอย่างมาก ในขณะที่เดียวกันสมาชิกที่มาแลกเปลี่ยนความรู้ก็ไม่จำกัดขอบเขต สมาชิกทั่วโลกมาร่วมกันพัฒนาได้โดยไม่ต้องเห็นหน้ากันเลย (อาจเห็นรูปภาพทางจอภาพ)

○ การแลกเปลี่ยนข้อมูลทางอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Data Interchange - EDI) เป็นระบบแลกเปลี่ยนข้อมูลสารสนเทศระหว่างหน่วยงานผ่านระบบเครือข่าย ซึ่งต่างจากจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ เพราะ EDI เป็นข้อมูลการปฏิบัติงานหรือเป็นสารสนเทศจากฐานข้อมูลที่สามารถนำมาปรับปรุง (Update) ฐานข้อมูลของอีกฝ่ายหนึ่งได้

(2) การให้บริการสารสนเทศแบบออนไลน์ (Online Information Service)

เป็นระบบการให้บริการสืบค้นข้อมูลจากฐานข้อมูล (databases) ที่ให้บริการ โดยผู้ใช้เพียงแต่มีเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ต่อเข้ากับสายโทรศัพท์ (มีโมเด็ม) แล้วหมุนหมายเลขโทรศัพท์ไปที่หน่วยให้บริการ หรือติดต่อผ่านระบบอินเตอร์เน็ต โดยฐานข้อมูลจะมีข้อมูลต่าง ๆ มากมาย เช่น ข้อมูลด้านการวิจัย จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ เกมส์ คอมพิวเตอร์ ด้านการท่องเที่ยวและข้อมูลการซื้อขายสินค้า เป็นต้น

การให้บริการแบบออนไลน์ของสหรัฐอเมริกาที่ให้บริการทั่วโลก ที่สำคัญ ๆ คือ Prodigy, CompuServe, America Online, Genie และ Delphi ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางข้างล่าง

Online Service	อัตราค่าบริการ	เบอร์โทรศัพท์
America Online	\$9.95/month for 5 hours, then \$3.50/hour	800-827-6364
CompuServe	\$39.95 ค่าสมัคร \$8.95/month	800-848-8199
Delphi	\$10/month for 4 hours, then \$4/hour หรือ \$20/month for 20 hours, then \$1.50/hour	800-695-4005
Genie	\$8.95/month for basic services	800-638-9636
Prodigy	\$7.95/month for 2 hours, then \$3.60/hour	800-776-3449

▲ อินเทอร์เน็ต (Internet)

เป็นระบบเครือข่ายที่เชื่อมโยงกันทั่วโลก ประมาณกันว่ามีจำนวนเครือข่ายเล็ก ๆ ที่เชื่อมต่อกันถึง 11000 เครือข่ายและมีผู้ใช้อินเทอร์เน็ตถึง 25 ล้านคนทั่วโลก ในขณะที่มีผู้ใช้บริการแบบออนไลน์ทั่วโลกเพียง 6 ล้านหน่วยงานเท่านั้น

ทั่วโลกและซอฟต์แวร์นี้สามารถทำงานในลักษณะไฮเปอร์เทกซ์ (Hypertext) คือในข้อความสามารถเลือกคำอธิบายรายละเอียดบางคำ ซึ่งรายละเอียดอาจเป็นข้อความหรือรูปภาพ

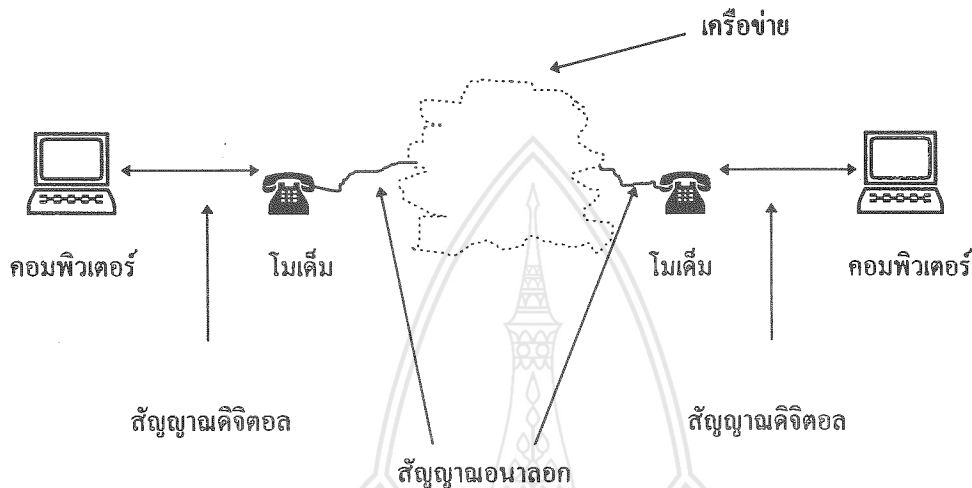
การใช้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ในการติดต่อสื่อสาร

3. ด้านการใช้งานแบบตอบสนอง (Interactivity) ผู้ใช้สามารถใช้งานผ่านระบบเครือข่ายแบบโต้ตอบทันทีทันใด ดังตัวอย่าง

○ คอมพิวเตอร์แบบหลายสื่อ (Multimedia computers) เป็นเทคโนโลยีที่นำเสนอข้อมูลได้หลายสื่อ เช่น ข้อความ รูปภาพ ภาพเคลื่อนไหว วิดีโอ เสียงและดนตรี ผู้ใช้สามารถเลือกเล่นเกมส์หรือการทำงานจาก CD-ROM ผ่านระบบอินเทอร์เน็ตได้

○ การเรียกใช้ซอฟต์แวร์ประยุกต์ในอินเทอร์เน็ต เช่น WWW (World Wide Web) ผู้ใช้สามารถเรียกใช้ WWW เพื่อสืบค้นข้อมูลต่าง ๆ

การใช้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ติดต่อสื่อสารทางไกลผ่านคู่สายโทรศัพท์ นอกจากต้องมีโทรศัพท์ มีซอฟต์แวร์สื่อสารเพื่อให้ติดต่อกับเครือข่ายได้แล้ว จะต้องมียุกรณ์ที่สำคัญอย่างหนึ่งคือ โมเด็ม (Modem-Modulate/Demodulate) เพื่อแปลงสัญญาณดิจิตอลจากคอมพิวเตอร์ให้เป็นสัญญาณอนาล็อกแล้วส่งไปตามคู่สายโทรศัพท์ (Modulate) ในทำนองเดียวกันเมื่อรับสัญญาณอนาล็อกจากสายโทรศัพท์ โมเด็มจะแปลงให้เป็นสัญญาณดิจิตอลแล้วส่งไปให้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ (Demodulate) ซึ่งแสดงเป็นแผนผังดังนี้



▲ การเลือกโมเด็ม

การพิจารณาเลือกซื้อโมเด็มควรพิจารณา
ดังนี้

(1) ลักษณะการติดตั้งโมเด็มมี 2 ลักษณะ คือ โมเด็มที่ติดตั้งแยกจากเครื่องคอมพิวเตอร์ (External modem) ซึ่งสะดวกในการเคลื่อนย้าย และโมเด็มที่ติดตั้งอยู่ภายในเครื่องคอมพิวเตอร์ (Internal modem) ไม่สามารถแยกออกไปใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์อื่นได้

(2) อัตราความเร็วในการรับ-ส่งข้อมูล (Transmission speed) อัตราความเร็วมีหน่วยวัดเป็นบิตต่อวินาที (bits per second-bps) ซึ่งความเร็วเริ่มจาก 300, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200 bps จนถึงโมเด็มที่มีอัตราความเร็วสูง 144000 และ 288000 bps แต่อัตราความเร็วสูงสุดที่สามารถรับ-ส่งข้อมูลได้ถูกต้องยังขึ้นกับเครื่องคอมพิวเตอร์และคุณภาพของคู่สายโทรศัพท์ โดยปกติคุณภาพของคู่สายโทรศัพท์สามารถรับส่งข้อมูลได้อย่างถูกต้องที่อัตราความเร็ว 9600 bps

▲ ซอฟต์แวร์สื่อสาร

(Communication Software)

เป็นซอฟต์แวร์จัดการการรับและส่งข้อมูลผ่านคู่สายโทรศัพท์ และจำลองเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ให้เป็นเทอร์มินอล นั่นคือการจะติดต่อเข้าไปในระบบเครือข่ายได้จะต้องสั่งรันซอฟต์แวร์สื่อสารก่อนเสมอ ตัวอย่างซอฟต์แวร์สื่อสาร เช่น ProComm, pcANYWARE, Smartcom, PC-Dial และ PC Talk เป็นต้น

บรรณานุกรม :

Brian K. Williams, Stacey C. Sawyer and Sarah E. Hutchinson (1995), *Using Information Technology*, Richard D. Irwin, Inc. : United States of America.

การหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเชิงมุมของดาว โดยใช้เทคนิคการบังดาวของดวงจันทร์

นายนิพนธ์ กสิพร้อง*

บทคัดย่อ

การหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเชิงมุมของดาว โดยใช้เทคนิคการบังดาวของดวงจันทร์สามารถทำได้เมื่อทราบตำแหน่งของดาวและดวงจันทร์ นำมาคำนวณหาการเกิดดวงจันทร์บังดาวและเวลาในการเกิดโดยวิธีการของเบสเซิล (Bessel's method) ถ้าการบังนั้นเกิดในตำแหน่ง, เวลา และมีลักษณะการเกิดที่สามารถวัดได้ ก็จะใช้ระบบโฟโตมิเตอร์ความเร็วสูงวัดความเข้มของดาวในขณะที่เกิดการบังนั้น จะได้กราฟของความเข้มแสงคล้ายรูปแบบการเลี้ยวเบนเฟรสเนล นำกราฟที่ได้ไปเทียบกับกราฟ ซึ่งคำนวณจากการสร้างแบบจำลองของการเกิดการเลี้ยวเบนเฟรสเนลจากขอบคมบังแหล่งกำเนิดแสงที่มีขนาด โดยจะต้องแก้ค่าอันเป็นผลจากการมิดที่ขอบดาว, ผลจากช่วงความยาวคลื่นแสง, ผลการเปลี่ยนแปลงตามเวลา, และผลจากความลาดของขอบดวงจันทร์บริเวณที่เข้าบังก็จะสามารถหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเชิงมุมของดาวจากกราฟของแบบจำลองที่สอดคล้องกับรูปแบบการเลี้ยวเบนที่ได้จากการวัดแสงดาวขณะดวงจันทร์เข้าบัง

บทนำ

เหตุการณ์ดวงจันทร์บังดาว มีบันทึกครั้งแรกสุดเมื่อ 2,500 ปีมาแล้ว โดยยังไม่มีใครสนใจในเหตุการณ์นี้ ต่อมาในปี ค.ศ. 1909 แมคมอาฮอน (P.A. MacMahon) ได้เสนอว่าถ้าสามารถจับเวลาตั้งแต่เมื่อขอบดวงจันทร์เริ่มบังดาวจนกระทั่งบังหมดก็จะสามารถคำนวณหาขนาดของดาวฤกษ์ที่ถูกบังได้ นักดาราศาสตร์จึงเริ่มให้ความสนใจต่อเหตุการณ์นี้กันมากขึ้น แต่การสังเกตการณ์ ก็ไม่ได้ผลอะไรมากนัก จนกระทั่งเมื่อเข้าสู่ยุคดิจิทัล อิเล็กทรอนิกส์ เครื่องมือทางดาราศาสตร์ คือระบบโฟโตมิเตอร์ และคอมพิวเตอร์มีประสิทธิภาพสูงขึ้นสามารถเก็บข้อมูลความเข้มของแสงดาวและ

เวลาในการเกิดการบังกันได้อย่างละเอียด ซึ่งในปี ค.ศ. 1970 D.S. Evans ได้ประสบความสำเร็จในการวัดการบังดาวได้เป็นคนแรก หลังจากนั้นก็มีความสนใจในเรื่องนี้กันอย่างมากในหมู่นักดาราศาสตร์ ข้อมูลที่ได้จากการ บังดาวนั้น สามารถนำมาวิเคราะห์หาปริมาณทางฟิสิกส์ของดาวได้หลายอย่าง เช่น อุณหภูมิสัมพัทธ์ ความหนาแน่นที่ผิวดาว ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเชิงมุมของดาว และอื่นๆ อีกหลายอย่าง

ในการหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเชิงมุมของดาว ซึ่งได้มีการหาและรายงานผลในวารสารทางดาราศาสตร์อย่างต่อเนื่อง ดังแสดงในเอกสารอ้างอิง(1) ในบทความนี้จะกล่าวถึงเรื่องราวของ

* ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

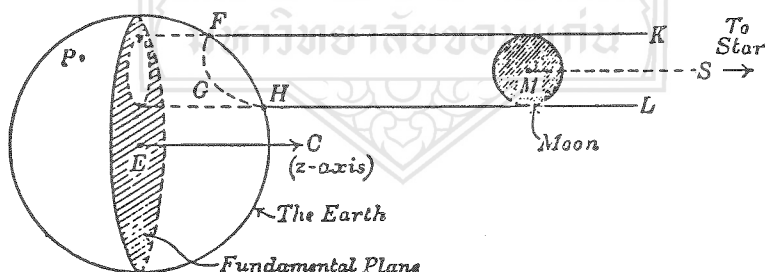
ทฤษฎีและแบบจำลองอย่างง่ายที่ใช้ในการหาเส้นผ่านศูนย์กลางเชิงมุมของดาวโดยสังเขป

การบังดาวโดยดวงจันทร์

การบังดาวโดยดวงจันทร์ เกิดจากการที่ดวงจันทร์โคจรไปบังดาวฤกษ์ที่อยู่ด้านหลังดวงจันทร์ โดยมีผู้สังเกตอยู่บนผิวโลก ดวงจันทร์อยู่ห่างจากโลกโดยเฉลี่ย 384,000 กิโลเมตร โคจรรอบโลกด้วยอัตราเร็วประมาณ 1.023 กิโลเมตรต่อวินาที หรือด้วยอัตราเร็วเชิงมุม 0.549 พิลิปดาต่อวินาที และเมื่อหับลบกับการหมุนรอบตัวเองของโลกแล้ว จะเหลืออัตราเร็วเชิงมุมสัมพันธ์กับตำแหน่งบนผิวโลก 0.4 พิลิปดาต่อวินาที เนื่องจากดาวที่ถูกดวงจันทร์บังนั้นมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเชิงมุมน้อยมาก จังหวะของการเข้าบังดาวจะเกิดขึ้นในเวลาสั้น ๆ ในระดับมิลลิวินาที ดังนั้นการคำนวณเวลาในการเริ่มเกิดการบังและการใช้โฟโตมิเตอร์ความเร็วสูงในการวัดความเข้มแสงดาวในจังหวะของการบังจึงมีความจำเป็นมาก

การหาเวลาในการเกิดดวงจันทร์บังดาว ณ ตำแหน่งของผู้สังเกต

การหาเวลาในการเกิดการบังดาวของดวงจันทร์นั้น ใช้วิธีการของเบสเซล (2) โดยเริ่มต้นพิจารณาลักษณะทางเรขาคณิต ตามรูปที่ 1 ซึ่งถือว่าโลกและดวงจันทร์เป็นทรงกลม มีศูนย์กลางอยู่ที่ E และ M ตามลำดับ เส้นตรง MS เชื่อมระหว่างศูนย์กลางของดวงจันทร์กับดาวในขณะใด ๆ ถือว่าดาวอยู่ที่ระยะไกลมาก เส้นรังสีจากดาวซึ่งอยู่ในทรงกระบอกที่มีรัศมีเท่ากับรัศมีของดวงจันทร์รอบแกน MS จะถูกบังโดยดวงจันทร์ สมมติทรงกระบอกตัดผิวของโลกบนเส้นโค้ง FGH ดังแสดงในรูป ดาวจะเกิดการถูกบังหายเข้าไปหลังดวงจันทร์หรือโผล่มาจากขอบดวงจันทร์หลังถูกบัง เมื่อผู้สังเกตอยู่บนเส้นโค้ง FGH และทุก ๆ ที่บนผิวโลกภายในวงล้อมของเส้นโค้งนี้จะมองไม่เห็นดาวที่ถูกบัง ดังนั้นการบังดาวจะสังเกตเห็น ณ ตำแหน่งใดบนผิวโลก ทรงกระบอกที่หุ้มแกน MS ต้องตัดกับผิวโลกบนบริเวณนั้น



รูปที่ 1 ลักษณะทางเรขาคณิตของการบังดาว (2)

ระนาบที่ผ่านจุดศูนย์กลางของโลกและตั้งฉากกับ MS เรียกว่า Fundamental plane ซึ่งจะเคลื่อนที่ตลอดเวลาเมื่อเทียบกับตำแหน่งบนผิวโลก แกน EC ขนานกับ MS เมื่อมองดวงจันทร์จากตำแหน่งใด ๆ บนผิวโลก ดวงจันทร์จะเคลื่อนที่ไปมุมพาราแลกซ์สูงสุดของดวงจันทร์ประมาณ 1 องศา รัศมีเชิงมุมของดวงจันทร์ 16 ลิปดา ดังนั้นดาวที่มีไรต์แอสเซนชันเหมือนดวงจันทร์ จะถูกบัง ณ ที่ใดที่หนึ่งถ้าหากว่าเดคลิเนชันของดาวไม่ห่างจากของดวงจันทร์เกิน 1.3 องศาจากค่าตำแหน่งของดวงจันทร์ ในตารางจากอัลมาแนค โดยใช้ความรู้ทางดาราศาสตร์ทรงกลมเข้าช่วย ในที่สุดจะได้เงื่อนไขของการเกิดการบังดาวคือ

$$(x-\xi)^2 + (y-\eta)^2 = k^2 \quad (1)$$

โดยที่ (ξ, η) คือโคออร์ดิเนตของผู้สังเกตเทียบกับ fundamental plane

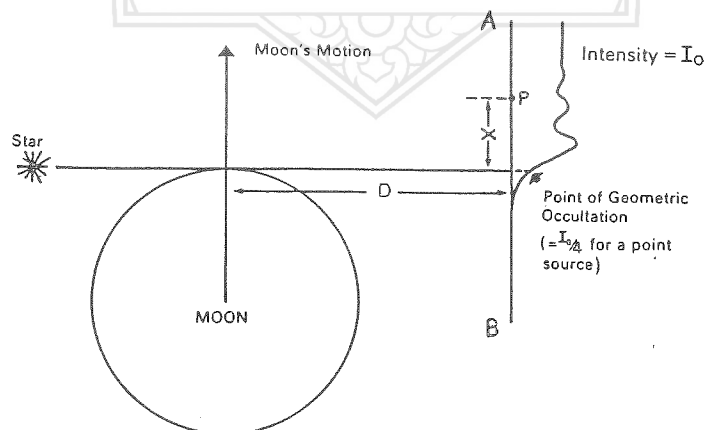
(x, y) คือโคออร์ดิเนตของดวงจันทร์เทียบกับ fundamental plane

k คือรัศมีของดวงจันทร์ในเทอมของรัศมีที่อ็ควเตอร์ของโลก
 $= 0.2725$

โคออร์ดิเนต (ξ, η) หากจากละติจูดของผู้สังเกตบนผิวโลก ตำแหน่งกับมุมชั่วโมงของดาวที่ถูกบัง (x, y) หากจากตำแหน่งของดาวและดวงจันทร์และระยะจากโลกถึงดวงจันทร์ ถ้าสมการ ที่ (1) สอดคล้องกับดาวที่เราสนใจ จะเกิดดวงจันทร์ บังดาวในตำแหน่งของผู้สังเกต จากนั้นจะต้องหาเวลาในการเกิดที่แท้จริงโดยเขียนโคออร์ดิเนต (ξ, η) และ (x, y) ให้อยู่ในเทอมของเวลาท้องถิ่นก็จะได้เวลาเกิดการบังดาว ณ ตำแหน่งของผู้สังเกต ซึ่งถ้าตรงกับกลางวันก็จะไม่สามารถสังเกตได้ การคำนวณเวลาในการเกิดการบังดาวอย่างละเอียดมีแสดงไว้ในบทที่ 15 ของเอกสารอ้างอิงหมายเลข 2

การเลี้ยวเบนเฟรสเนลและแบบจำลองของการบังดาวของดวงจันทร์

เมื่อเราวัดความเข้มของแสงดาวในขณะที่เกิดการเข้าบังโดยขอบมืดของดวงจันทร์ จะพบว่าการเลี้ยวเบนของแสงเป็นรูปแบบเฟรสเนล ซึ่ง A.S. Eddington ได้แนะนำเป็นลักษณะของการเกิดการเลี้ยวเบนจากขอบคมบังแหล่งกำเนิดแสง จึงใช้การเลี้ยวเบนจากขอบคมซึ่งเป็นรูปแบบการเลี้ยวเบนเฟรสเนล เป็นพื้นฐานในการสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายการบังดาวของดวงจันทร์ ซึ่งถือว่าผิวดวงจันทร์บริเวณที่บังเป็นขอบคม ดังในรูปที่ 2



รูปที่ 2 การเลี้ยวเบนผ่านขอบของดวงจันทร์ (3)

ถ้าดาวเป็นแหล่งกำเนิดแสงสีเดียวที่เป็นจุด จะสามารถคำนวณความเข้มของแสงที่ตกลง ณ ตำแหน่ง P ใด ๆ บนฉาก AB ได้ โดยคำนวณจากผลรวมการเลี้ยวเบนเฟรสเนล (Fresnel Diffraction Integrals)

โดยเฟรสเนลอินทิกรัล คือ

$$c(\omega) = \int_0^\omega \cos \left[\left(\frac{\pi}{2} \right) t^2 \right] dt \quad (2)$$

$$s(\omega) = \int_0^\omega \sin \left[\left(\frac{\pi}{2} \right) t^2 \right] dt \quad (3)$$

โดย ω เป็นปริมาณไม่มีหน่วยเรียกว่า เลขเฟรสเนล (Fresnel number) กำหนดโดย

$$\omega = X(2/\lambda D)^{1/2} \quad (4)$$

เมื่อ λ คือความยาวคลื่นของแสง, D คือระยะทางจากโลกถึงขอบดวงจันทร์ที่บังดาว, X เป็นระยะจากจุดการบังทางเรขาคณิต (Geometric occul-

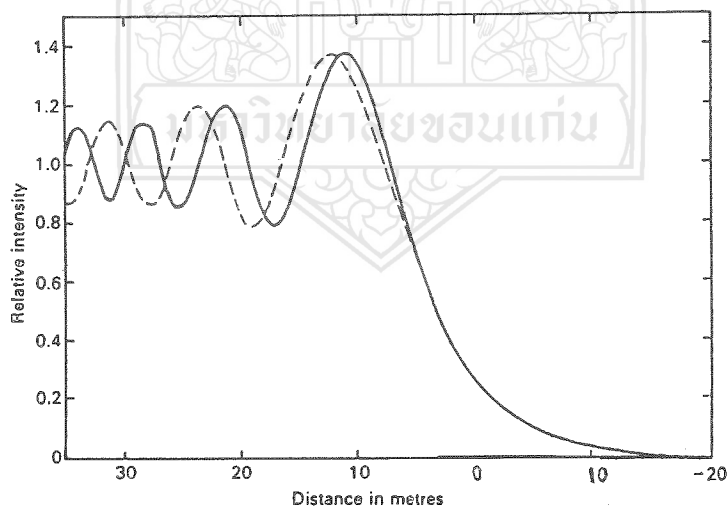
tion point) ถึงจุด P ใด ๆ โดยความเข้มแสงที่จุด P ใด ๆ $(I(\omega)_P)$ หาได้จาก

$$I(\omega)_P = (I_0/2) [(0.5+C(\omega))^2 + (0.5+S(\omega))^2] \quad (5)$$

(เอกสารอ้างอิงหมายเลข 4)

การคำนวณรูปแบบการเลี้ยวเบนเฟรสเนลจากแหล่งกำเนิดแสงสีเดียวที่เป็นจุด มีแสดงไว้โดยละเอียดในเอกสารอ้างอิงหมายเลข 5 (บทที่ 18) ในกรณีนี้จะได้ว่าความเข้มแสงสูงสุดจากการเลี้ยวเบนจะมีค่า 137% ของความเข้มของแสงดาวขณะที่ยังไม่ได้เกิดการบัง (I_0)

อย่างไรก็ตาม ในความเป็นจริงแสงจากดาวไม่ใช่แสงที่มีความยาวคลื่นเดียว จากสมการ (4) และ (5) เราจะเห็นว่าความยาวคลื่นแสงต่างกัน จะมีผลต่อรูปแบบการเลี้ยวเบนเฟรสเนล ดังแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งตำแหน่งของเลขเฟรสเนลจะเปลี่ยนไป



รูปที่ 3 รูปแบบการเลี้ยวเบนจากแสงความถี่เดียว สำหรับความยาวคลื่น 4500 อังสตรอม (เส้นทึบ) และ 5500 อังสตรอม (เส้นประ) (4)

ดาวจะแผ่พลังงานออกมาหลายความยาวคลื่น ฟลักซ์ของแสงดาว $B(\lambda)$ ซึ่งขึ้นกับความยาวคลื่น λ จะหาได้จากสูตรการแผ่รังสีของวัตถุดำ ในทางปฏิบัติเราจะแบ่งสเปกตรัมในช่วงที่เราสนใจ (ปกติ = 300 nm - 700 nm) ออกเป็นส่วนย่อย ๆ ประมาณช่วงละ 10 nm แล้วคำนวณพลังงานที่แผ่ออกมาจากแต่ละช่วงจาก

$$P_i(\lambda_i) = \int_{\lambda_i - 5 \text{ nm}}^{\lambda_i + 5 \text{ nm}} B(\lambda) d\lambda \quad (6)$$

จะทำให้ค่าพลังงาน P_i นอร์มอลไลซ์โดยหารด้วย $\sum P_i$ โดยปกติการกระจายของสเปกตรัมจะมีมากในช่วงสีแดงอันเป็นผลมาจากสัมประสิทธิ์การส่งผ่านของสเปกตรัมแต่ละส่วน (A) จากมวลสารระหว่างดาวและจากบรรยากาศของโลก

การตอบสนองต่อช่วงสเปกตรัมของเครื่องมือที่ใช้วัดซึ่งประกอบด้วยหลอดโฟโตมัลติพลายเออร์ (T), ฟิลเตอร์ (F), และกระจกสะท้อน (M) ดังนั้น

การตอบสนองต่อช่วงสเปกตรัมของระบบแต่ละช่วงที่ i คือ

$$C_i = P_i A T F M_i \quad (7)$$

และกราฟของแบบจำลองหลังจากนอร์มอลไลซ์โดย $\sum C_i$ ของแต่ละช่วงคลื่นคือ

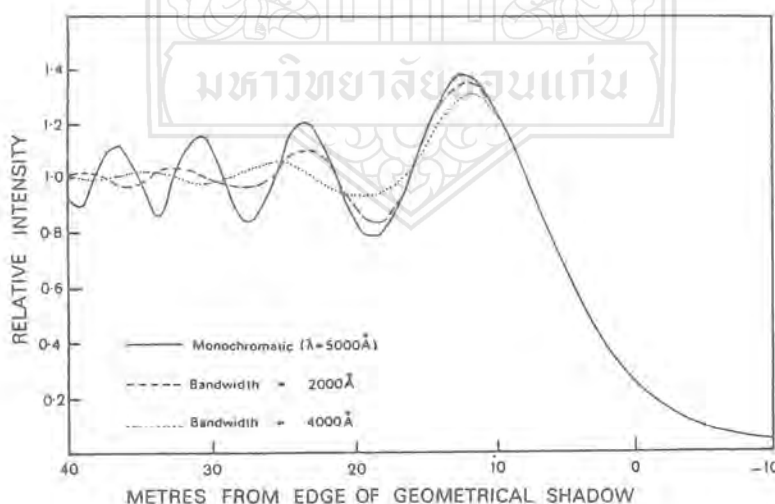
$$I(x) = \sum C_i I(\omega_i) \quad (8)$$

$$\omega_i = X(2/\lambda_i D)^{1/2} \quad (9)$$

λ_i คือ ความยาวคลื่นกลางของแต่ละแถบช่วงคลื่นที่แบ่งออก ในทางปฏิบัติรูปร่างของรูปแบบการเลี้ยวเบน จะขึ้นกับขนาดของช่วงแถบคลื่นมาก แต่จะไม่ขึ้นกับ bandpass shape มากนัก โดยปกติความเข้มสูงสุดที่ได้จากการวัดจะไม่เกิน 137% ของความเข้มแสงดาวขณะที่ยังไม่เกิดการบัง

รูปแบบของการเลี้ยวเบนที่มีผลเนื่องจากขนาดของแถบคลื่นแสงแสดงในรูปที่ 4 มีค่ากลางอยู่ที่ 500 nm

จะเห็นว่าถ้าขนาดแถบช่วงคลื่นกว้าง



รูปที่ 4 ผลของขนาดแถบช่วงคลื่นต่อรูปแบบการเลี้ยวเบน (3)

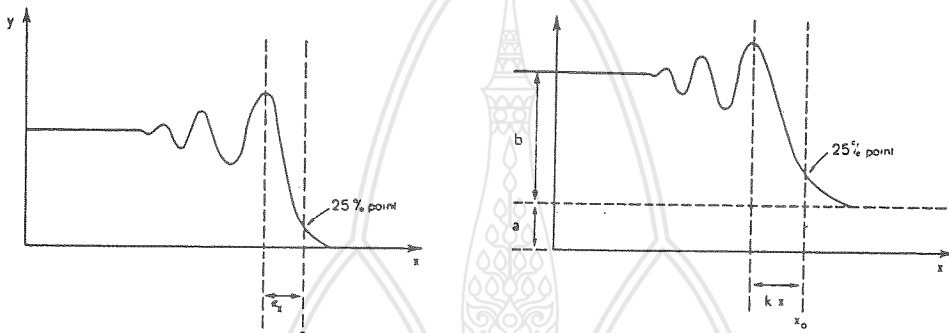
ความเข้มจะลดลงตามลำดับ และตำแหน่งของเลขเฟรสนेलจะเลื่อนไป

ถ้าเราพิจารณากราฟของการเลี้ยวเบนจากจุดกำเนิดแสงที่ได้จากทฤษฎีกับข้อมูลการเลี้ยวเบนจากการบังดาวที่เล็กมาก พบว่าสมการที่ใช้ฟิตจะ

ต้องมีการปรับค่า 4 อย่างตามรูปที่ 5 โดยสมการของรูปแบบการเลี้ยวเบนที่ใช้ฟิตเป็น

$$I(x)_F = b \{ I[k(x-x_0)] \} + a \quad (10)$$

จากรูปจะเห็นว่าจะมีการขจัดในแนวแกน



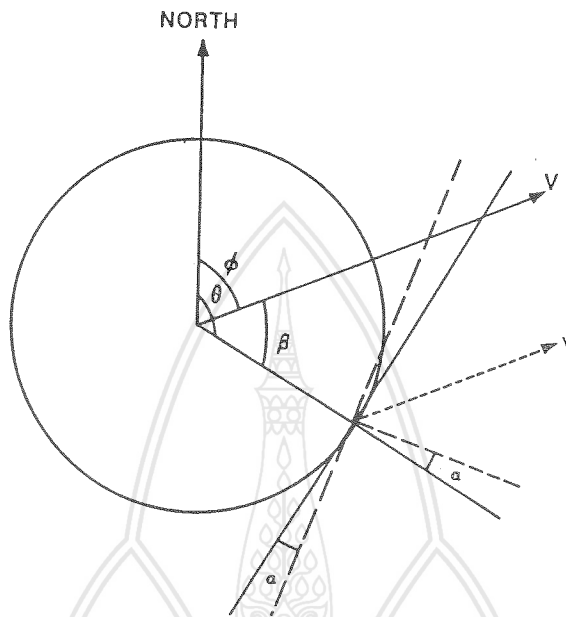
รูปที่ 5 การฟิตรูปแบบการเลี้ยวเบนจากจุดกำเนิดแสง (3)

y เนื่องจากแสงแบคกราวด์บนท้องฟ้า (sky background, a) การขยายทางแกน y เนื่องจากความเข้มของแสงดาว (b) การเลื่อนทางแกน x เนื่องจากเวลาของการเริ่มเกิดการบัง (x_0) และค่าขยายทางแกน x เนื่องจากความเร็วในการเลื่อนของรูปแบบการเลี้ยวเบน (k) เนื่องจากว่าในการวัดการเลี้ยวเบนจากการบังนั้นโฟโตมิเตอร์จะตั้งอยู่กับที่ ดวงจันทร์เคลื่อนเข้าบัง รูปแบบของการเลี้ยวเบนจึงเคลื่อนที่ผ่านกล้องของระบบโฟโตมิเตอร์ด้วยความเร็วค่าหนึ่งขึ้นกับความเร็วในการเคลื่อนที่ของดวงจันทร์ในขณะนั้น และยังขึ้นกับความเร็วสัมพัทธ์อันเนื่องมาทิศทางการเคลื่อนที่เข้าบังของดวงจันทร์ด้วย ความเร็วของรูปแบบการเลี้ยวเบนที่เคลื่อนตัดผ่านตำแหน่งสังเกตบนผิวโลกที่คาดไว้คือ

$$\beta = \theta - \phi \quad (12)$$

เมื่อ V คือความเร็วปรากฏของดวงจันทร์ θ คือมุมที่บอกทิศความเร็วของดวงจันทร์ ϕ คือ มุมบอกตำแหน่งของจุดที่เข้าบัง วัดที่ศูนย์กลางของดวงจันทร์ จากทิศเหนือไปทางทิศตะวันออก β เรียกว่ามุมสัมผัส จะเห็นว่าสเกลเวลาของการเข้าบังจะขยายโดยแฟคเตอร์ $\sec \beta$ อย่างไรก็ตามความเร็วที่เคลื่อนที่เข้าบังจริงจะไม่เท่ากับที่คาดหมาย V_p ความแตกต่างนี้เกิดขึ้นจากค่าเฉลี่ยของความชันที่ขอบดวงจันทร์บริเวณที่เข้าบังซึ่งเฉลี่ยเป็นมุม $\propto$ กับเส้นขอบฟ้า ตามรูปที่ 6

$$V_p = V \cos \beta \quad (11)$$



รูปที่ 6 แสดง Lunar Slope (3)

ความเร็วจริงในการเข้าบัง V_a คือ

$$V_a = V \cos (\beta - \alpha) \quad (13)$$

$$\text{เมื่อ } \alpha = \beta - \cos^{-1} \{ (V_a/V_p) \cos \beta \} \quad (14)$$

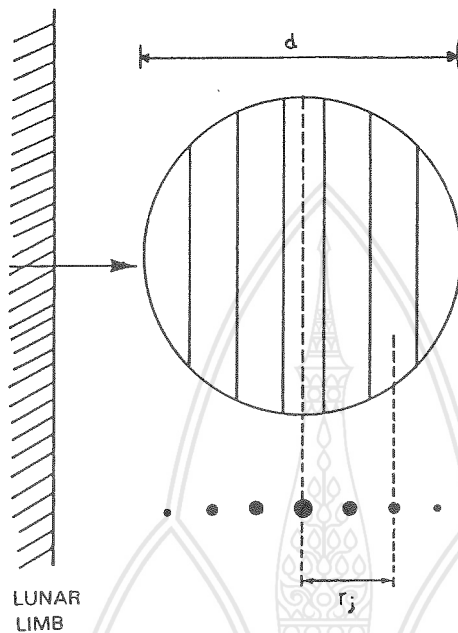
โดย α เป็นบวก ถ้า $V_a > V_p$

$$\text{และ } \cos (\beta - \alpha) = \cos (\theta - \phi - \alpha) = \cos (\phi - \theta + \alpha)$$

ทำให้ได้ α ค่าที่สองเป็น steep slope ซึ่งจะไม่นำมาใช้

ซึ่งมีค่าน้ำหนักของแต่ละแผ่นย่อยต่างกัน ถ้า d เป็นเส้นผ่าศูนย์กลางเชิงมุมของแผ่นกลม r_i เป็นระยะเชิงมุม จากจุดศูนย์กลางของแผ่นกลมไปยังจุดกลางของแผ่นย่อย, n เป็นจำนวนแผ่นย่อยที่แบ่งออก ระยะเชิงมุมระหว่างจุดกำเนิดแสงแต่ละจุดจะเท่ากับ d/n , ที่ตำแหน่งของระยะดวงจันทร์ D ระยะระหว่างจุดกำเนิดแสงจะเท่ากับ $D(d/n)$

เมื่อเราพิจารณาดาวจริงซึ่งไม่ใช่จุดกำเนิดแสง แต่มีลักษณะเป็นแผ่นกลมมีขนาดเราจะต้องสร้างแบบจำลองให้พิดกับรูปแบบการเลี้ยวเบนที่ได้จากการวัด เพื่อหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเชิงมุมของดาว แบบจำลองที่ง่ายที่สุดคือแบ่งพื้นที่ของดาวออกเป็นแผ่นย่อย ๆ ขนานกับของดวงจันทร์ตามรูปที่ 7 แต่ละแผ่นจะถือว่าแทนจุดกำเนิดแสง



รูปที่ 7 แบบจำลองการหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเชิงมุมของดาวโดยถือว่าดาวประกอบด้วยจุดกำเนิดแสงย่อยแต่ละจุดห่างกัน $D(d/n)$ (3)

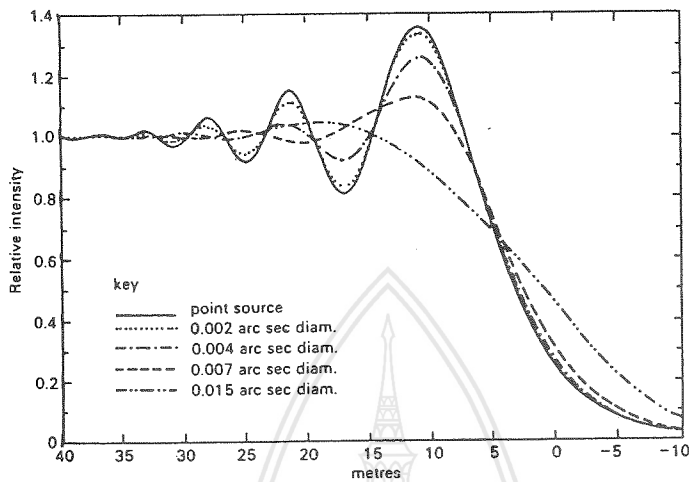
รูปแบบของการเกิดการเลี้ยวเบนรวมจะเป็นผลรวมเชิงเส้นของรูปแบบการเลี้ยวเบนจากจุดกำเนิดแสงจำนวน n จุด ที่อยู่ห่างกัน $D(d/n)$ และแต่ละจุดจะมีความเข้มแสงตามค่าน้ำหนักของแต่ละแผ่น (W_j) รูปแบบรวมของการเลี้ยวเบนเป็น

รูปแบบของการเลี้ยวเบนจากแหล่งกำเนิดที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเชิงมุมขนาดต่าง ๆ แสดงตามตัวอย่างในรูปที่ 8

$$I(x)_T = \sum_{j=1}^n (I(x)_F)_j = \sum_{j=1}^n b [I[k(x-x_j)] W_j] + a$$

$$= \sum_{j=1}^n b [I[k(x-j(dD/n))] W_j] + a \quad (15)$$

โดย $x_j = r_j D = j(dD/n)$

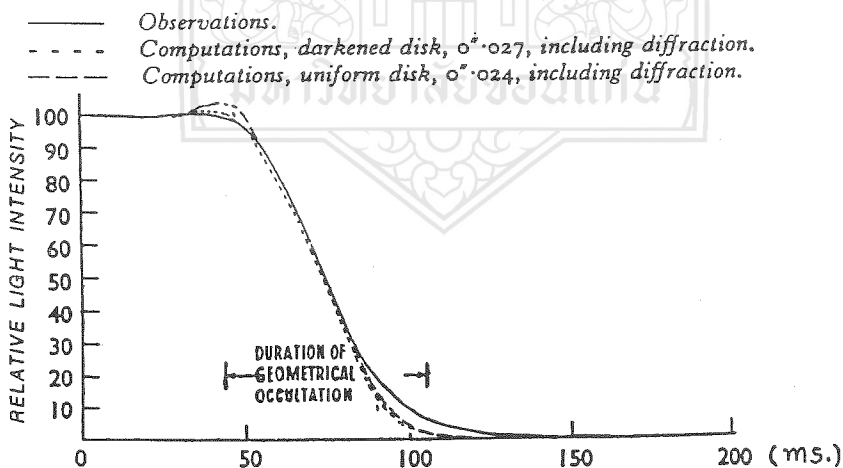


รูปที่ 8 ผลของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเชิงมุมต่อรูปแบบของการเลี้ยวเบน (4)

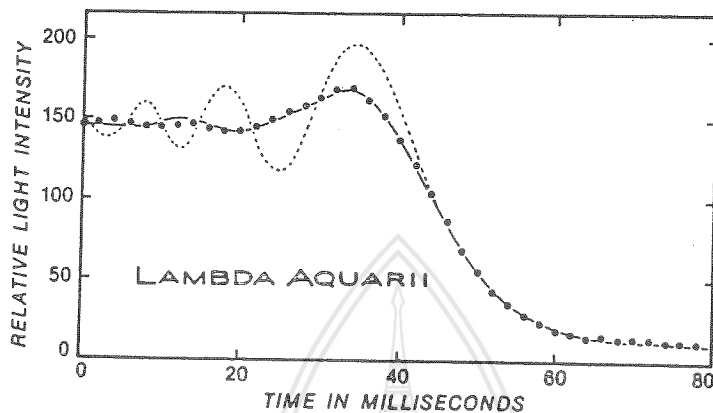
เมื่อเส้นผ่าศูนย์กลางเชิงมุมเพิ่มขึ้น แอมพลิจูดของรูปแบบจะลดลงและแผ่ออกมากขึ้น จนกระทั่งถ้าเส้นผ่าศูนย์กลางเชิงมุมใหญ่กว่า $0''.012$ รูปแบบของการเลี้ยวเบนจะหายไป เราจะต้องพิจารณาการเลี้ยวเบนจากแบบจำลองเข้ากับรูปแบบการเลี้ยวเบนที่วัดได้เพื่อหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเชิงมุมของดาวที่ถูกบัง

ตัวอย่างรูปแบบการเลี้ยวเบนและผลการหาเส้นผ่าศูนย์กลางเชิงมุม

ตัวอย่างรูปแบบการเลี้ยวเบนจากการบังดาว Antares และ λ Aquarii แสดงตามรูปที่ 9 และ 10 ตามลำดับ



รูปที่ 9 รูปแบบการเลี้ยวเบนจากดวงจันทร์บังดาว Antares, 27 มิ.ย. 1950 เส้นผ่าศูนย์กลางเชิงมุมค่อนข้างมาก รูปแบบการเลี้ยวเบนไม่ค่อยชัดเจน (4)



รูปที่ 10 จาการบังดาว λ Aquarii ค่าจากการสังเกตการณ์แสดงโดยจุด รูปแบบการเลี้ยวเบนทางทฤษฎีของจุดกำเนิดแสงแสดงโดยเส้นไขปลาคา รูปแบบการเลี้ยวเบนของแหล่งกำเนิดแสงที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเชิงมุม 0.0074 arc sec ที่ฟิตพอดีกับผลการสังเกตแสดงด้วยเส้นทึบ (4)

ตัวอย่างของผลการหาเส้นผ่าศูนย์กลาง แบบจำลองและการวัดที่ละเอียดยิ่งขึ้น จะเห็นว่ามีเชิงมุมซึ่งได้ทำการรายงานลงในวารสารดาราศาสตร์ การหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเชิงมุมที่ความยาวแสดงในตารางที่ 1 และ 2 ซึ่งเป็นผลที่ได้จาก คลื่นต่างกัน โดยใช้ฟิลเตอร์ในช่วงต่าง ๆ

ตารางที่ 1 แสดงตัวอย่างผลการหาเส้นผ่าศูนย์กลางเชิงมุมของดาวที่หาออกมาได้ในช่วงปี ค.ศ. 1981 ถึงปี ค.ศ. 1984 (1)

IRC	Name	BD	Spectrum ^{a1}	UT Date	Filter ^{b1}	θ_{UD} (mas)	Slope (")	Figure	Notes
+20 121	Y Tau	+20°1083	C6.4	81 Nov. 14	1.65	8.91±0.37	-2.1±2.0	2a	
+20 121	Y Tau	+20°1083	C6.4	81 Nov. 14	2.17	8.68±0.35	-5.3±1.2	2b	
+20 121	Y Tau	+20°1083	C6.4	82 Jan. 8	2.17	6.94±0.20	14.3±0.4	2c	
+20 129	BQ Ori	+22°1109	M5 III	83 Jan. 26	0.96	6.14±1.37	0.3±6.7	2d	
+20 129	BQ Ori	+22°1109	M5 III	83 Jan. 26	1.65	4.16±0.41	-4.9±0.6	2e	
+20 129	BQ Ori	+22°1109	M5 III	83 Jan. 26	2.22	4.04±0.48	-1.7±0.5	2f	
+30 164	c Gem	+25°1406	G8 Ib	84 Mar. 12	0.45	4.72±0.16	6.6±0.5	2g	
+30 164	c Gem	+25°1406	G8 Ib	84 Mar. 12	0.51	3.70±0.57	5.4±1.4	2h	
+30 164	c Gem	+25°1406	G8 Ib	84 Mar. 12	0.58	4.73±0.09	4.2±0.2	3a	
+30 164	c Gem	+25°1406	G8 Ib	84 Mar. 12	1.65	4.13±0.27	5.1±0.2	3b	
+30 164	c Gem	+25°1406	G8 Ib	84 Mar. 12	2.17	4.56±0.10	5.8±0.1	3c	
+10 231	46 Leo	+14°2255	M2+ IIIa	83 May 19	0.96	3.04±0.76	10.5±1.1	3d	
+10 231	46 Leo	+14°2255	M2+ IIIa	83 May 19	1.65	3.11±0.24	27.0±1.0	3e	
+10 231	46 Leo	+14°2255	M2+ IIIa	83 May 19	2.22	3.70±0.32		3f	
+10 231	46 Leo	+14°2255	M2+ IIIa	84 Apr. 12	0.45	4.45±0.62	-9.4±0.4	3g	
+10 231	46 Leo	+14°2255	M2+ IIIa	84 Apr. 12	0.58	3.75±0.20	-7.9±2.1	3h	
+10 231	46 Leo	+14°2255	M2+ IIIa	84 Apr. 12	0.96	2.93±0.65	-3.2±0.8	4a	
+10 231	46 Leo	+14°2255	M2+ IIIa	84 Apr. 12	1.65	3.28±0.28	-6.1±0.2	4b	
+10 231	46 Leo	+14°2255	M2+ IIIa	84 Apr. 12	2.17	3.72±0.17	-6.2±0.1	4c	
+10 245	v Vir	+07°2479	M1 IIIab	82 Jan. 14	0.58	4.88±0.14	3.9±0.7	4d	d
+10 245	v Vir	+07°2479	M1 IIIab	82 May 30	2.22	5.20±0.16	-14.8±0.2	4e	
+10 245	v Vir	+07°2479	M1 IIIab	83 Apr. 24	2.14	5.24±0.16	2.1±0.1	4f	e
00 230	SH Vir	-02°3653	M7 III:	81 Sep. 1	2.17	16.11±0.13	14.7±3.3	4g	
00 230	SH Vir	-02°3653	M7 III:	81 Nov. 22	2.17	20.79±0.89		4h	f.g
00 230	SH Vir	-02°3653	M7 III:	82 June 29	2.28	16.77±0.23	-3.0±3.7	5a	
00 233		-03°3455	M6	81 June 12	1.65	2.83±0.11	0.7±0.1	5b	
00 233		-03°3455	M6	81 June 12	2.17	2.95±0.20	1.5±0.1	5c	
-10 308	FY Lib	-11°3841	oM5	81 June 14	1.65	5.79±0.11	5.6±0.2	5d	
-10 308	FY Lib	-11°3841	oM5	81 June 14	2.17	5.80±0.20	6.4±0.1	5e	
-20 370	M7		M7	83 May 28	1.65	3.66±0.29	15.3±0.7	5f	
-20 370	M7		M7	83 May 28	2.22	3.52±0.31	21.2±0.8	5g	
-20 418	M3ep		M3ep	82 Sep. 25	2.17	4.73±0.47	-13.1±0.6	5h	
-20 585	RT Cap		C6.4	82 Mar. 20	2.17	7.72±0.16	-4.9±0.2	6a	
-10 587	r Aqr	-14°6354	M0+ III	83 June 3	0.96	6.15±0.35		6b	b
-10 587	r Aqr	-14°6354	M0+ III	83 June 3	1.65	4.82±0.17	-3.3±0.6	6c	
-10 587	r Aqr	-14°6354	M0+ III	83 June 3	2.22	5.18±0.22	3.2±1.2	6d	

a1) In order of preference, from Keenan and Pitts (1980) or Bidelman (1980).

b1) See Table 1.

c) Non-physical slope; estimated diameter error 0.36mas (see Evans et al. 1980).

d) With S-20 photocathode, prior to installation of new photomultiplier tubes.

e) With 1.3-m telescope; others with 4-m.

f) Non-physical slope; estimated diameter error 2.1mas (see Evans et al. 1980).

g) 30MHz noise removed from trace prior to reduction.

h) Non-physical slope; estimated diameter error 0.24mas (see Evans et al. 1980).

ตารางที่ 2 แสดงผลการหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเชิงมุมจากหอดูดาว Jena เยอรมัน (6)

Run (1)	SAO (2)	V (3)	Sp.T. (4)	Date (5)	UTC (6)	Fil. (7)	Rate (8)	S/N (9)	C.A. (10)	Slope (11)	Diameter (12)
10	94136	6.97	G2 V	82 February 3	17 ^h 22 ^m 26 ^s .519	—	0.38	2.8	63		point
11	94164	5.18	A9 IIIIn	82 February 3	18 ^h 36 ^m 56 ^s .316	B	0.57	6.5	43	3	5.3 ± 0.9
18	79386	6.40	G5	82 April 1	20 ^h 04 ^m 04 ^s .345	V	0.78	6.2	15	7	point
19	79403	5.25	F5 IV	82 April 1	20 ^h 32 ^m 23 ^s .242	V	0.81	15.4	-12	0	point
20	79410	7.16	F5	82 April 1	20 ^h 53 ^m 20 ^s .503	V	0.74	3.4	29	3	point
30	109727	6.80	F8	83 December 14	20 ^h 11 ^m 22 ^s .511	V	0.41	5.3	57	-2	point
31	93083	5.18	A7 IV	83 December 16	19 ^h 24 ^m 08 ^s .985	b	0.36	4.4	64	3	point
32	78682	3.00	G8 Ib	84 February 13	20 ^h 22 ^m 33 ^s .927	y	0.30	7.4	68	-5	4.75 ± 0.5
36	78682	3.00	G8 Ib	84 August 23	01 ^h 14 ^m 48 ^s .583	y	0.16	1.6	-82	-1	(≈3)
37	109926	4.83	K4 III	85 January 27	19 ^h 14 ^m 29 ^s .598	V	0.74	20.4	17	11	3.1 ± 0.4

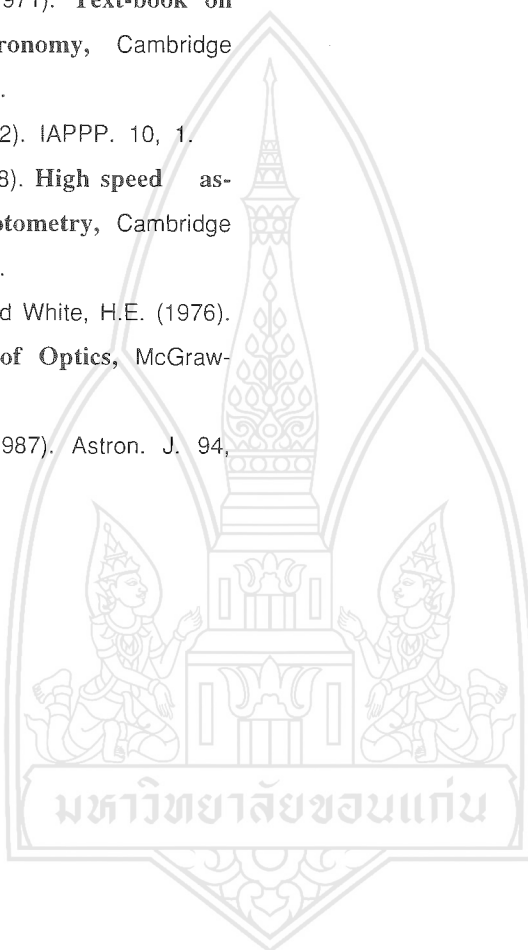
จากตารางที่ 2 จะเห็นว่า ดาวบางดวงไม่สามารถหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเชิงมุมได้โดยวิธีการบังดาวนี้ เราจะพบว่าขอบเขตของการหาคือ ถ้าดาวมีเส้นผ่าศูนย์กลางเชิงมุมมากกว่า 0".012 จะไม่มีรูปแบบการเลี้ยวเบน แต่ถ้าน้อยกว่า 0".0025 จะแยกรูปแบบไม่ออกจากรูปแบบของจุดกำเนิดแสง นอกจากนี้การที่จะได้ค่าที่ถูกต้องแน่นอนจริง ๆ เป็นที่ยอมรับได้จนกระทั่งมีการพิมพ์เผยแพร่ นั้นจะต้องมีการปรับปรุงแบบจำลองโดยจะต้องเพิ่มค่าแตกต่าง ๆ เพื่อให้ได้ค่าเส้นผ่าศูนย์กลางเชิงมุมที่ถูกต้องยิ่งขึ้น เช่นค่าแก้เนื่องจากการที่ดาวมีความสว่างที่ขอบดาวน้อยกว่าบริเวณกลาง (Limb-Darkening Corrections) โดยจะต้องมีการปรับค่าน้ำหนัก W_i ในสมการที่ (15) ค่าแก้เนื่องจากการขึ้นอยู่กับความยาวคลื่น ทั้งนี้เนื่องจากการสังเกตดาวในช่วงความยาวคลื่นต่างกัน จะสังเกตลึกเข้าไปในชั้นบรรยากาศของดาวได้ไม่เท่ากัน จึงทำให้การหาค่าเส้นผ่าศูนย์กลางเชิงมุมในช่วงความยาวคลื่นแสงต่างกันออกมาไม่เท่ากันด้วย นอกจากนี้ดาวประเภทดาวแปรแสง ค่าเส้นผ่าศูนย์กลางเชิงมุมที่วัดได้จะเปลี่ยนตามเวลาด้วย

สรุป

การหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเชิงมุมของดาวเป็นสิ่งจำเป็น เพราะเป็นปริมาณเบื้องต้นที่จะต้องใช้ในการศึกษาสมบัติทางฟิสิกส์อื่น ๆ ของดาว ในฟิสิกส์ดาราศาสตร์ การหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเชิงมุมโดยใช้เทคนิคดวงจันทร์บังดาว เป็นวิธีการสร้างแบบจำลองให้พิดกับผลจากการสังเกตการณ์เพื่อหาเส้นผ่าศูนย์กลางเชิงมุมของดาว ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีการที่เป็นที่ยอมรับ มากกว่า 50% ของดาวที่วัดเส้นผ่าศูนย์กลางเชิงมุมได้โดยใช้เทคนิคนี้ การหาเส้นผ่าศูนย์กลางเชิงมุมของดาวยังคงดำเนินต่อไป ปกติในรอบปีหนึ่งจะมีรายงานผลตีพิมพ์ออกมาประมาณ 20 ดวง และยังมีดาวที่น่าสนใจอีกมากที่ยังไม่สามารถหาขนาดได้แน่นอน ดังนั้นจึงเป็นเรื่องที่ผู้ที่ศึกษาทางด้านฟิสิกส์ดาราศาสตร์ จะต้องติดตามกันต่อไป

เอกสารอ้างอิง

1. Schmidtke, P.C., Africano, J.L., Jacoby, G.H., Joyce, R.R., and Ridgway, S.T. (1986). *Astron. J.* 91, 961.
2. Smart, W.M. (1971). **Text-book on Spherical Astronomy**, Cambridge University Press.
3. Blow, G.L. (1982). *IAPPP.* 10, 1.
4. Warner, B. (1988). **High speed astronomical photometry**, Cambridge University Press.
5. Jenkins, F.A. and White, H.E. (1976). **Fundamentals of Optics**, McGraw-Hill, New York.
6. Stecklum, B. (1987). *Astron. J.* 94, 201.



การศึกษาการดูดกลืนรังสีเอกซ์ของทองแดงและนิเกิล โดยใช้ผลึก CaCO_3

ประเสริฐ แข่งขัน*

บทคัดย่อ

ในบทความนี้ได้เสนอการใช้เครื่องมือ X-ray diffractometer และผลึก CaCO_3 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีเอกซ์ของทองแดงและนิเกิล กับค่าพลังงานของรังสีเอกซ์ ทำให้พบลักษณะที่เรียกว่า absorption edge พร้อมทั้งเข้าใจบทบาทและความสำคัญของปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก

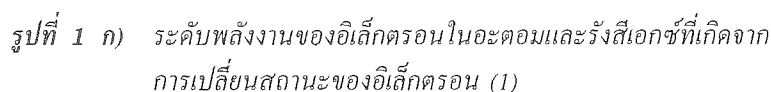
บทนำ

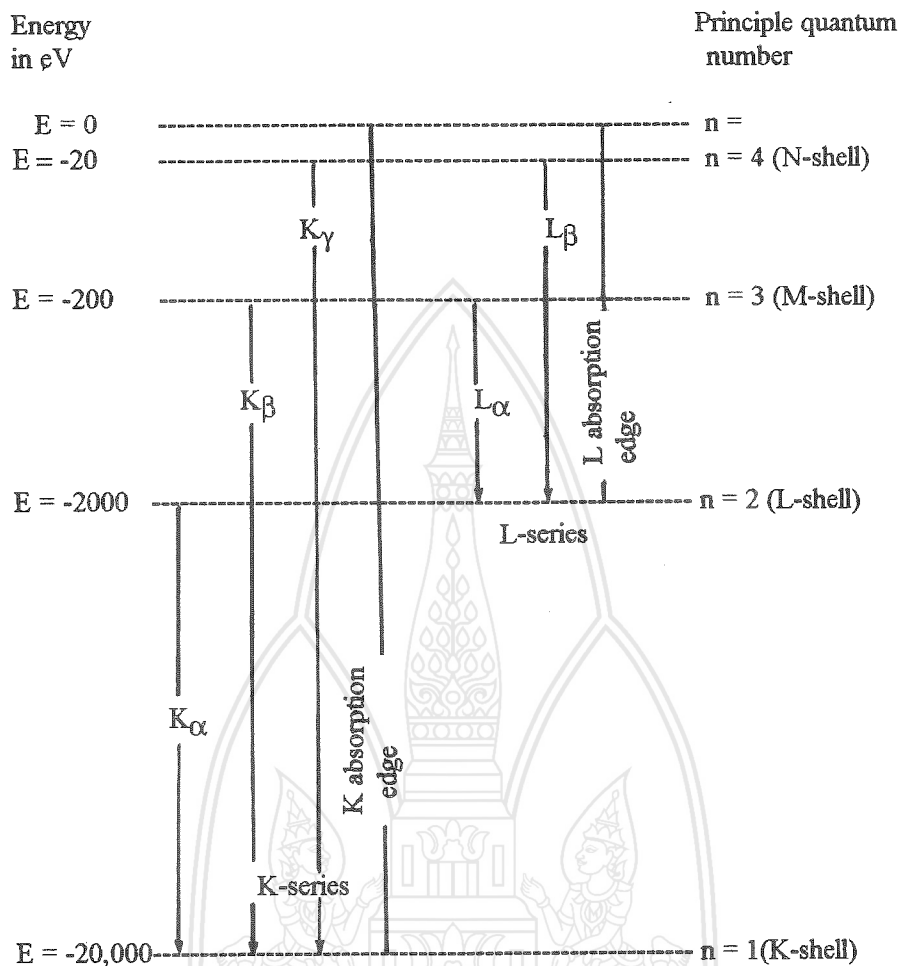
ปัจจุบันเมืองไทยของเรามีการนำเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์มาใช้งานทั้งในด้านการศึกษาวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการวิเคราะห์ บำบัดโรคภัยต่าง ๆ อย่างแพร่หลาย จึงเป็นการดีถ้าหากว่าเราสามารถออกแบบการทดลองเพื่อให้ นักศึกษาได้เข้าใจลักษณะรังสีเอกซ์ที่ได้จากเครื่องกำเนิดรังสีและปรากฏการณ์ต่าง ๆ อันเนื่องมาจากการดูดกลืนรังสีเอกซ์ในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ ในบทความนี้เราเสนอการศึกษาการดูดกลืนรังสีเอกซ์ของแผ่นทองแดงและนิเกิลซึ่งปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการดูดกลืนรังสีของแผ่นโลหะทั้งสองที่พบในการศึกษานี้คือ ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ซึ่งอิเล็กตรอนในสารจะดูดกลืนพลังงานทำให้มันสามารถหลุดออกจากวงโคจรเดิมได้ ผลพลอยได้ที่มีตามมาก็คือ การเกิดที่ว่างในระดับพลังงานนั้น อิเล็กตรอนที่อยู่ในระดับพลังงานที่สูงกว่าจึงสามารถกระโดดเข้ามาแทนที่ได้พร้อมทั้งปลดปล่อยพลังงาน

บางส่วนเกินออกมาในรูป characteristic x-ray ของตัวดูดกลืน ทำให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีเอกซ์เป็นลบในบริเวณความยาวคลื่นเท่ากับ ความยาวคลื่นของ characteristic x-ray และมีค่าเป็นบวกสำหรับการดูดกลืนรังสีเอกซ์ที่มีความยาวคลื่นต่ำกว่านั้นเล็กน้อย (มีพลังงานมากกว่า) ลักษณะดังกล่าวนี้เรียกว่า absorption edge เนื่องจากรังสีที่ได้จากเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์โดยทั่วไปจะมีทั้ง characteristic x-ray ซึ่งมีความยาวคลื่นเฉพาะบางค่า และ Bremsstrahlung ซึ่งเป็นรังสีเอกซ์ที่มีความยาวคลื่นต่อเนื่อง จึงต้องมีเครื่องมือในการแยกความยาวคลื่นเหล่านี้ออกจากกัน ในที่นี้เราใช้ผลึกเดี่ยวของ CaCO_3 หรือ calcite ซึ่งเป็นผลึกหินปูนที่หาได้ไม่ยากนักในเมืองไทย สำหรับรายละเอียดเกี่ยวกับการเกิดรังสีเอกซ์ หลักการแยกความยาวคลื่น x-ray โดยใช้ผลึก CaCO_3 และหลักการแทรกสอดของคลื่นแม่เหล็กที่เคลื่อนที่ผ่านผลึก จะได้กล่าวถึงในลำดับต่อไป

* ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เกินออกมา อะตอมทองแดงแต่ละอะตอมมีการจัดเรียงอิเล็กตรอนเหมือน ๆ กัน เมื่ออิเล็กตรอนเกิดการกระโดดไปยังระดับพลังงานที่ต่ำกว่าเช่นนี้ แต่ละอะตอมจึงคายพลังงานที่เท่ากันออกมาในรูปรังสีเอกซ์ที่เรียกว่า characteristic X-rays ซึ่งจะมีชื่อย่อยออกไปอีกตามแต่ว่า รังสีเอกซ์นั้นเกิดจากการกระโดดของอิเล็กตรอนระหว่างชั้นไหน ดังเช่นรูปที่ 1 ระดับพลังงานของอิเล็กตรอนชั้นที่อยู่ใกล้นิวเคลียสมากที่สุด คือ ชั้น K มีพลังงานต่ำสุด (เป็นลบมากที่สุด, ถูกนิวเคลียสดึงดูดมากที่สุด) ชั้นถัดมามีพลังงานมาก





รูปที่ 1 ข) การเกิด absorption edge กับระดับพลังงานในอะตอม

ขึ้นมา คือ ชั้น L, M, N, ... ตามลำดับ ถ้าอิเล็กตรอนกระโดดจากชั้น L ไปยังชั้น K รังสีที่ปลดปล่อยออกมาจะเป็น $K\alpha$ ถ้าอิเล็กตรอนกระโดดจากชั้น M ไปยังชั้น K ก็เรียกว่าเป็น $K\beta$ หรือถ้าอิเล็กตรอนมาจากชั้น N ก็เรียกว่า $K\gamma$ รังสี $K\alpha$, $K\alpha_2$, $K\beta_1$ และ $K\beta_2$ จากเป้าที่เป็นทองแดงมีความยาวคลื่นเป็น 1.5405, 1.5443, 1.3922, และ 1.381 Å ตามลำดับ (1) การเร่งอิเล็กตรอนให้ชนเป้า นอกจากจะให้รังสีเอกซ์ที่มีค่าพลังงานไม่ต่อเนื่องดังกล่าวแล้ว ยังให้รังสีเอกซ์ที่มีค่าพลังงานต่อเนื่อง (Bremsstrahlung) ด้วยในขณะเดียวกัน รังสีชนิดหลังนี้เกิดจากอิเล็กตรอนเคลื่อนที่เข้าไปใกล้นิวเคลียสหรืออิเล็กตรอนตัวอื่น แต่ไม่ได้ชนกันโดย

ตรง เนื่องจากมีแรงกระทำระหว่างอิเล็กตรอนกับนิวเคลียสหรือกับอิเล็กตรอนอื่น ทำให้ทิศทางการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนเปลี่ยนไปจากเดิม เกิดมีความเร่งของอิเล็กตรอน ทำให้มีการปลดปล่อยพลังงานที่ต่อเนื่องออกมา

ผลึก CaCO_3

ผลึกเป็นโครงสร้างที่เกิดจากอะตอมเรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบ ผลึกขนาดใหญ่เกิดจากผลึกขนาดเล็กเรียงตัวซ้อนกันอย่างเป็นระเบียบ เกิดเป็นโครงสร้างที่มีลักษณะซ้ำ ๆ กัน ทำให้สามารถแบ่งระนาบของอะตอมในผลึกออกเป็นชั้นๆ ได้ แต่ละชั้นจะห่างจากกันเท่า ๆ กัน หน้าผลึกแต่

ละหน้าจะมีระยะห่างของอะตอมแต่ละชั้นไม่เท่ากัน ระยะห่างระหว่างชั้นอะตอมในแต่ละหน้า เป็นสมบัติเฉพาะของผลึก อีกทั้งขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อมขณะผลึกเกิดด้วย CaCO_3 (calcite) เป็นผลึกของหินปูนซึ่งหาได้ไม่ยากนักในบ้านเมืองเรา อาจมีสีขุ่น, หรือใสก็ได้ ขึ้นอยู่กับสารเจือปน แต่ปกติแล้วจะใส หน้าผลึกที่มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนแบนราบ จะเป็นหน้า (100) จากการทดลองของแบรกก์ (Bragg) (2) ระนาบของอะตอมในผลึกที่ขนานกับระนาบนี้ แต่ละชั้นจะอยู่ห่างกัน $3.04 \text{ \AA}$

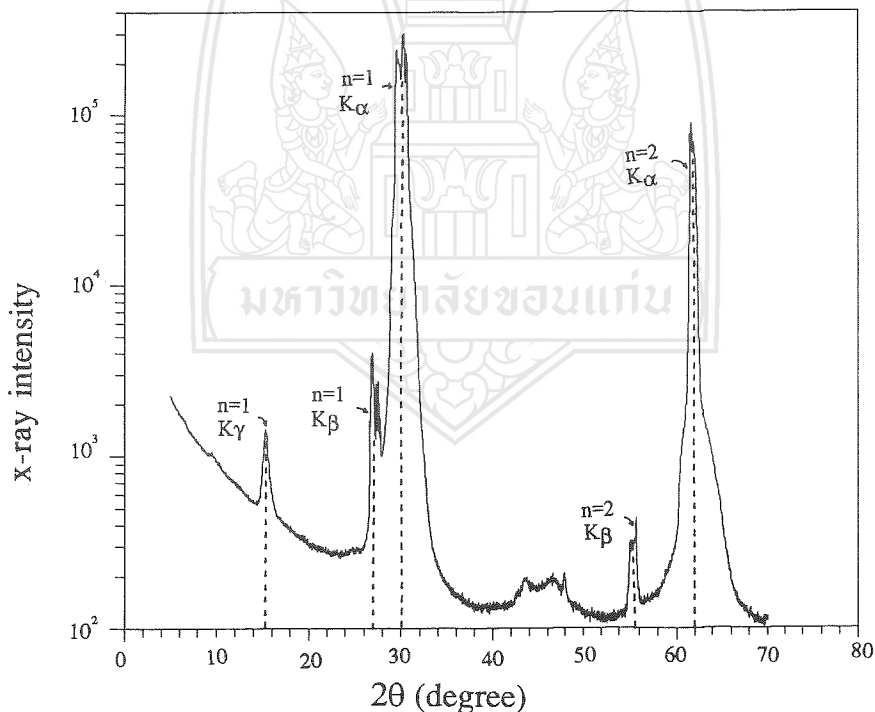
ระยะทางที่ต่างกัน ในการศึกษาการแทรกสอดของรังสีเอกซ์ (ซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่ง) ในการทดลองนี้เมื่อรังสีเอกซ์ตกกระทบผลึกหน้า (100) รังสีบางส่วนสะท้อนที่ระนาบแรก บางส่วนทะลุเข้าไปและสะท้อนที่ระนาบที่อยู่ลึกลงไป ทางเดินของรังสีทั้ง 2 ส่วนจึงไม่เท่ากัน เมื่อเราให้รังสีตกกระทบระนาบที่เราสนใจโดยทำมุม θ กับระนาบ เราจะได้ว่า คลื่นที่สะท้อนจากแต่ละชั้นของระนาบอะตอมจะเกิดการแทรกสอดแบบเสริมกันเมื่อ

$$2d \sin \theta = n\lambda \quad (1)$$

การแทรกสอดของรังสีเอกซ์ในผลึก

การแทรกสอดของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากต้นกำเนิดเดียวกัน สามารถเกิดขึ้นได้ ถ้าคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้างกล่าวถูกแยกให้เดินทางด้วย

โดยที่ d คือ ระยะห่างระหว่างระนาบ
 λ คือ ความยาวคลื่นของ X-ray
 และ $n = 1, 2, 3, \dots$



รูปที่ 2 แสดงผลจากการเกิดการแทรกสอดกันของรังสีเอกซ์ เมื่อสะท้อนจากระนาบ (100) ของผลึก CaCO_3 (calcite)

รูปที่ 2 เป็นตัวอย่างผลจากการวัดความเข้ม (I) ของรังสีสะท้อน เมื่อมุมที่รังสีเอกซ์ทำกับระนาบ (θ) มีค่าต่าง ๆ กัน ปกติรังสีเอกซ์ที่ได้จากเป้าทองแดงที่มีความเข้มมากที่สุด คือ K_{α} ดังนั้นเราจึงใช้สมมุติฐานว่า ตำแหน่งที่ 2θ เป็น 30° สอดคล้องกับ $\lambda = 1.54 \text{ \AA}$ และ $n = 1$ จากสมการ (1) จะได้ $d_{100} = 2.98 \text{ \AA}$ ซึ่งใกล้เคียงกับผลการทดลองของแบร็ก (1) จากนั้นเราสามารถคำนวณหาตำแหน่งที่สอดคล้องกับ $\lambda = 2.54 \text{ \AA}$ และ $n = 2$ ได้จากสมการ (1) เช่นกัน ซึ่งจะได้ $2\theta = 62.23^\circ$ เนื่องจากในรูปที่ 2 นี้เราหันระนาบ (100) เท่านั้น เข้ารับรังสีเอกซ์ ดังนั้นระนาบอื่นจะไม่สามารถทำให้เกิดการแทรกสอดแบบเสริมกันได้ ความเข้มของรังสีที่มีค่ามากที่สุดที่ตำแหน่ง $2\theta = 15^\circ$ และ 27° จึงต้องเกิดจาก λ ค่าอื่น เนื่องจากทั้ง 2 ตำแหน่งเกิดที่มุมน้อย ๆ จึงใช้สมมุติฐาน $n = 1$ ได้ เมื่อแทนค่า d , θ และ n ในสมการ (1) จะได้ว่า ความเข้มรังสีที่ $\theta = 15^\circ$ และ 27° สอดคล้องกับ $\lambda = 0.78$ และ $1.39 \text{ \AA}$ ตามลำดับ ซึ่งก็สอดคล้องกับ $\lambda_{K_{\alpha}}$ และ $\lambda_{K_{\beta}}$ ตามลำดับ (1) ในทำนองเดียวกันที่ $2\theta = 30^\circ$ และ 55.6° ก็สอดคล้องกับการแทรกสอดของคลื่นดังกล่าวเมื่อ $n = 2$ ดังนั้นในการทดลองนี้ตำแหน่ง 2θ จึงสามารถใช้เป็นดัชนีบอกค่าระดับพลังงานของรังสีเอกซ์ได้

การดูดกลืนรังสีเอกซ์ของสสาร

ปกติเมื่อเราใช้แผ่นโลหะ เช่น แผ่นทองแดงที่ไม่หนามากนักกับรังสีเอกซ์ รังสีบางส่วนจะถูกทำให้สะท้อนกลับออกมา บางส่วนถูกทำให้กระเจิงไปในทิศทางต่างๆ กัน ทำให้ความเข้มของรังสีที่ทะลุออกมาลดลง เมื่อพิจารณารังสีที่ค่าพลังงานหนึ่งจะได้รับความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มรังสีตกกระทบ (I_0) กับความเข้มรังสีที่ทะลุผ่าน (I) เป็น

$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad \dots\dots\dots (2)$$

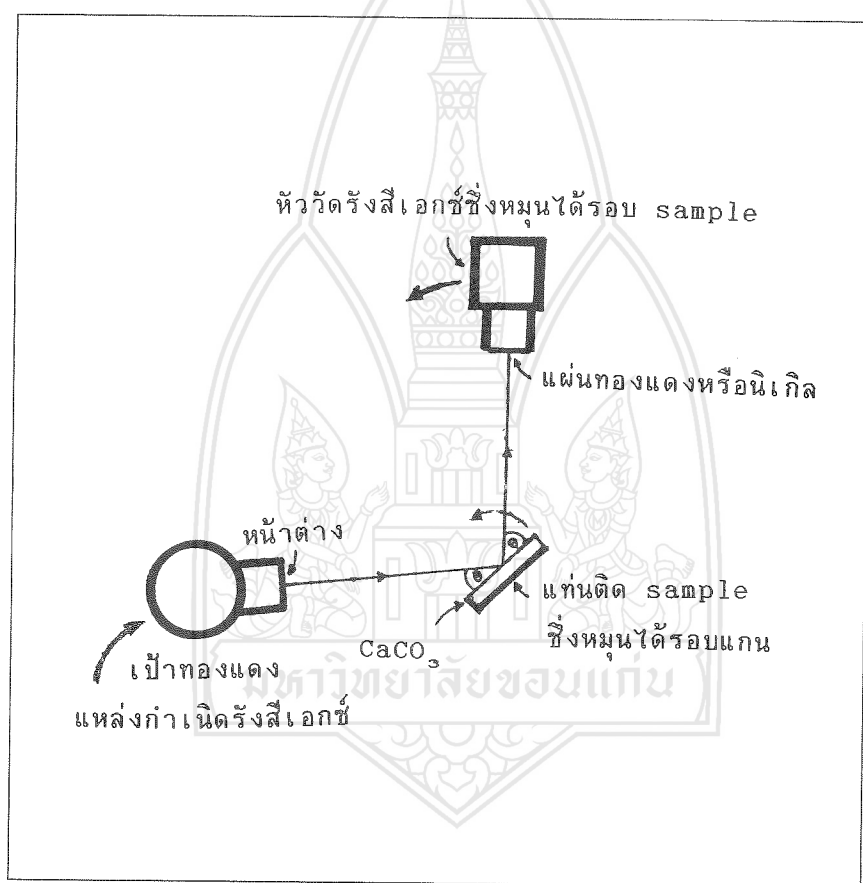
โดยที่ μ เป็นสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสี
 x เป็นความหนาของแผ่นทองแดงที่ใช้กัน

ปกติค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสี จะขึ้นกับชนิดของอะตอมในแผ่นกันและค่าพลังงาน (ความยาวคลื่น) ของรังสีเอกซ์ (3) ถ้าพิจารณาในรายละเอียดเกี่ยวกับขบวนการที่เกี่ยวข้องในการดูดกลืนรังสีเอกซ์ที่สำคัญมี 3 ขบวนการ คือ ขบวนการโฟโตอิเล็กทริก (photoelectric effect) การกระเจิงตามแบบของคอมพ์ตัน (Compton Scattering) และขบวนการสร้างอิเล็กตรอนและโพสิตรอน (pair production) ซึ่งขบวนการหลังสุดนี้จะเกิดขึ้นกับรังสีที่มีพลังงานมากกว่า 1.02 MeV เท่านั้น รังสีเอกซ์ที่เรากำลังพิจารณามีพลังงานในช่วง keV เท่านั้น ดังนั้นเราจะไม่พิจารณาปรากฏการณ์นี้ ส่วนในปรากฏการณ์การกระเจิงตามแบบของคอมพ์ตัน รังสีจะถูกอะตอมดูดกลืนพลังงานบางส่วน ทำให้ความยาวคลื่นของรังสี(พลังงาน)เปลี่ยนไป ทิศทางการเคลื่อนที่ของรังสีก็จะเปลี่ยนไปด้วย พลังงานที่ถูกดูดกลืนไปนี้ จะถูกส่งผ่านไปให้อิเล็กตรอนในอะตอมให้มีพลังงานเพิ่มขึ้น ปรากฏการณ์นี้จะมีผลสำคัญต่อการดูดกลืนรังสีที่มีพลังงานต่ำกว่า 1.02 MeV และเกิดได้ดีในอะตอมของธาตุเบา ปรากฏการณ์สุดท้ายที่มีความสำคัญยิ่งในช่วงระดับพลังงานของรังสีเอกซ์ที่ได้จากเป้าทองแดงคือปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ในขบวนการดูดกลืนอันนี้อิเล็กตรอนในอะตอมของแผ่นกันจะดูดกลืนพลังงานทั้งหมดของก้อนรังสี (โฟตอน) ทำให้อิเล็กตรอนเหล่านั้นมีพลังงานมากพอที่จะทำให้ตัวเองหลุดเป็นอิสระจากแรงดึงดูดของนิวเคลียส และยังมีพลังงานเหลือพอที่จะเคลื่อนที่ต่อไปอย่างอิสระในสสาร ปรากฏการณ์นี้จะเกิดขึ้นได้เมื่อรังสีเอกซ์มี

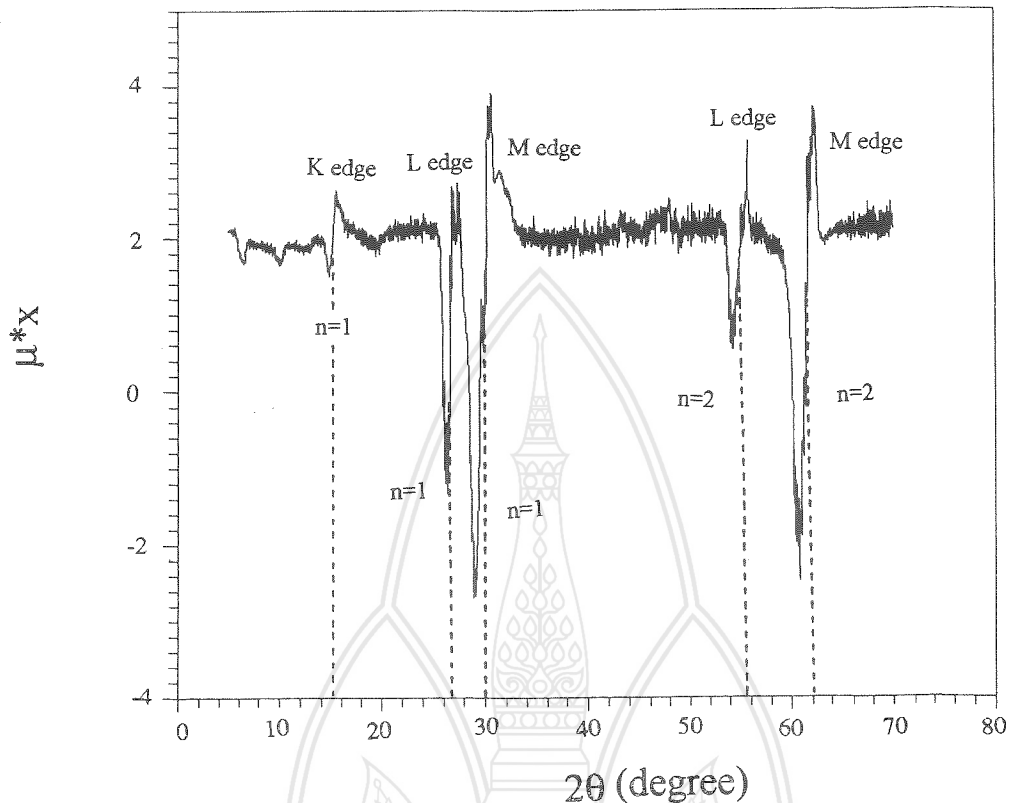
พลังงานมากกว่าแรงดึงดูดที่นิวเคลียสกระทำต่ออิเล็กตรอนตัวนั้นเท่านั้น (4)

การดูดกลืนรังสีเอกซ์ของแผ่นทองแดงและแผ่นนิกเกิล เมื่อใช้แผ่นทองแดงซึ่งมีความหนาประมาณ 0.2 มิลลิเมตร เป็นตัวดูดกลืนรังสีเอกซ์ โดยจัดเครื่องมือดังในรูปที่ 3 โดยใช้ผลึกเดี่ยวของ

CaCO_3 ติดที่ตำแหน่งที่ใช้ติด sample ของเครื่อง x-ray diffractometer และใช้แผ่นทองแดงหรือแผ่นนิกเกิล ติดกันรังสีเอกซ์ที่บริเวณหน้าหัววัดรังสี ปรากฏว่าได้ผลดังรูปที่ 4 ซึ่งจากรูปจะเห็นว่าโดยทั่วไปแล้ว ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนมีค่าค่อนข้างคงที่ ยกเว้นที่บริเวณใกล้ characteristic X-ray ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีเอกซ์มีค่าน้อยกว่า



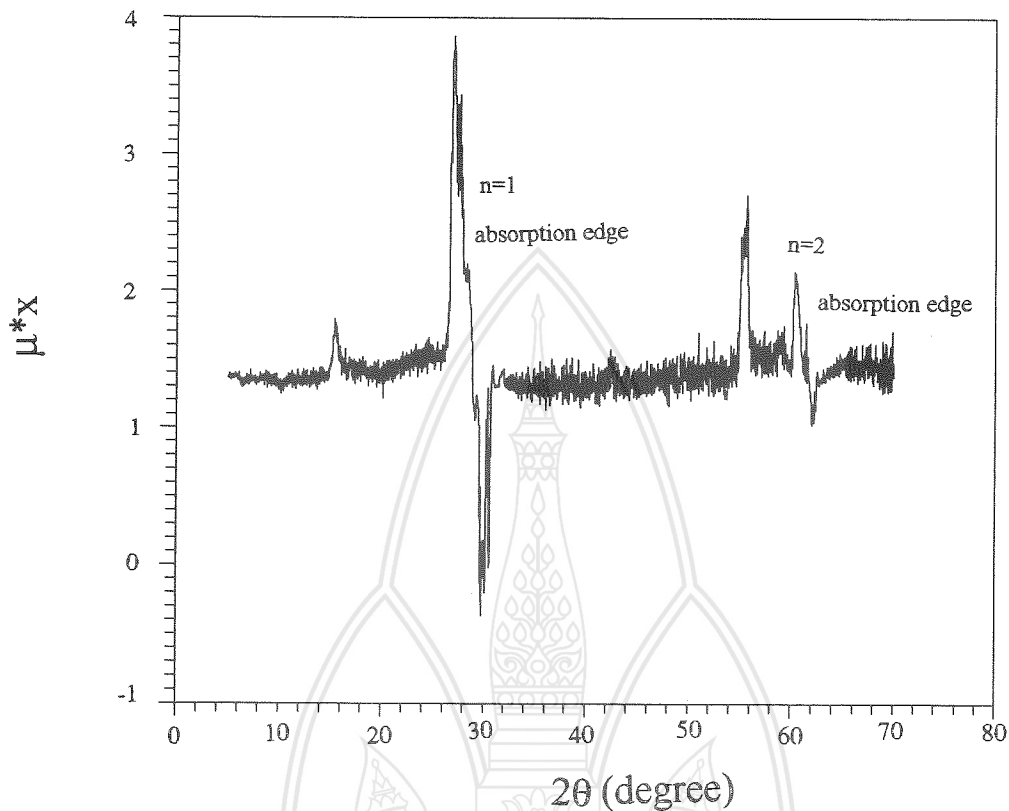
รูปที่ 3 แสดงการจัดเครื่องมือเพื่อศึกษาการดูดกลืนรังสีเอกซ์ที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ



รูปที่ 4 ผลการวัดสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีเอกซ์ของแผ่นทองแดงเส้นประแสดงตำแหน่งของ characteristic X-ray

ศูนย์ แสดงว่ามีปรากฏการณ์ที่ตรงกันข้ามกับการดูดกลืน นั่นคือ มีการผลิตรังสีเอกซ์เพิ่มขึ้น การผลิตรังสีเอกซ์ที่วุ่นนี้เป็นผลพลอยได้จากปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กตริก (5) กล่าวคือ เมื่ออิเล็กตรอนดูดกลืนพลังงานจากเอกซ์เรย์แล้วหลุดพ้นจากแรงดึงดูดของนิวเคลียสเคลื่อนที่อย่างอิสระไปในแผ่นทองแดง ทำให้เกิดที่ว่างที่ระดับพลังงานเดิมที่อิเล็กตรอนนั้นเคยอยู่ ทำให้อิเล็กตรอนที่อยู่ชั้นนอก ๆ กระโดดเข้าไปแทนที่ พร้อมกับปลดปล่อยรังสีเอกซ์ออกมา ทำให้ได้ความเข้มของ character-

istic X-ray เพิ่มขึ้น ดังที่เป็นที่ทราบกันดีว่าปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กตริกไม่ได้เกิดขึ้นกับรังสีเอกซ์ทุกช่วงพลังงาน การดูดกลืนรังสีเอกซ์ในขบวนการนี้จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อรังสีเอกซ์ที่ตกกระทบมีค่าพลังงานมากพอที่จะทำให้อิเล็กตรอนเป็นอิสระได้เท่านั้น ค่าพลังงานต่ำสุดดังกล่าวเรียกว่า absorption edge ซึ่งจะเห็นชัดในกรณีที่ตัวดูดกลืนพลังงานเป็นนิเกิลดังในรูปที่ 5



รูปที่ 5 ผลการวัดสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีเอกซ์ของแผ่นนิเกิล

ตำแหน่งที่ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนสูงสุดเกิดขึ้นที่ระดับพลังงานสูงกว่าตำแหน่งพลังงานของ characteristic X-ray (สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเป็นลบ) เล็กน้อย นั่นคือ โดยทั่วไปแล้วพลังงานที่ใช้กระตุ้นอิเล็กตรอนให้หลุดจากอะตอมจะมากกว่าพลังงานที่อิเล็กตรอนคายออกมา เนื่องจากการเปลี่ยนสถานะภายในอะตอม absorption edge นี้เป็นลักษณะเฉพาะตัวของอะตอมแต่ละชนิดจึงสามารถใช้เป็นดัชนีบอกชนิดของอะตอมได้ เนื่องจาก absorption edge ของนิเกิลอยู่ที่ระดับพลังงานที่สูงกว่า $\lambda_{K\alpha}$ ของทองแดงเล็กน้อย และมีความสูงที่สุดเมื่อรังสีที่ถูกดูดกลืนมีพลังงานเท่ากับพลังงานของ $\lambda_{K\beta}$ ของ

ทองแดง นิเกิลจึงถูกใช้เป็นวัสดุดูดกลืนรังสี $\lambda_{K\beta}$ ของทองแดง ทำให้เหลือเฉพาะ $\lambda_{K\alpha}$ เท่านั้นที่มีความเข้มมาก การนำเอกซเรย์ที่ได้ ไปใช้วิเคราะห์โครงสร้างผลึกจึงง่ายมากขึ้น

สรุป

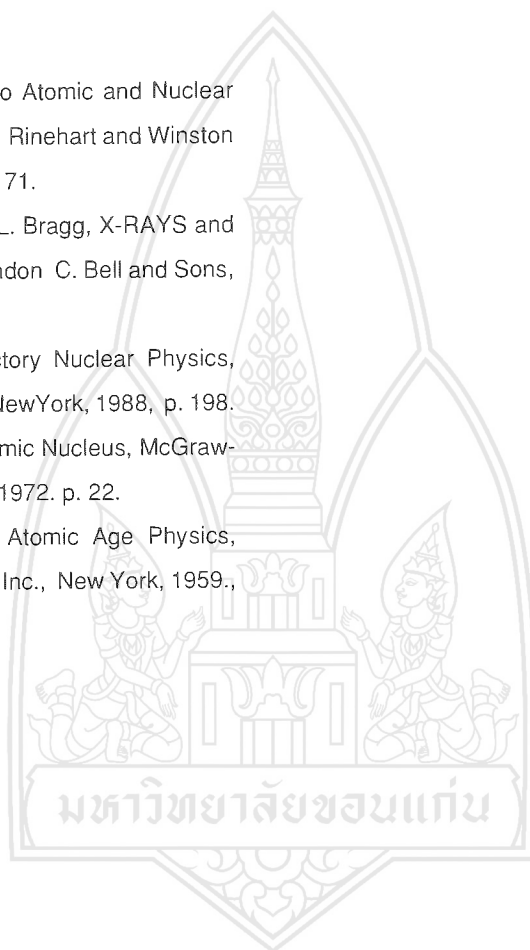
จะเห็นว่าเราสามารถใช้อุปกรณ์ X-ray diffractometer ในการศึกษาการดูดกลืนรังสีเอกซ์ที่ระดับพลังงานต่าง ๆ ของอะตอมทองแดงและนิเกิลได้ สามารถทำให้เข้าใจการเกิด absorption edge และบทบาทของปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกในการดูดกลืนรังสีเอกซ์นี้ด้วย

คำขอบคุณ

ผู้เขียนใคร่ขอขอบคุณอาจารย์พันศักดิ์
วรรณขาว และ อาจารย์วัชรภรณ์ เชื้อนแก้ว ที่กรุณา
บริจาค CaCO_3 Calcite เพื่อใช้ในการศึกษาครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Semat, Introduction to Atomic and Nuclear Physics, 4th ed, Holt, Rinehart and Winston New York, 1962. p. 171.
2. Bragg, W.H, and W.L. Bragg, X-RAYS and Crystal Structure, London C. Bell and Sons, LTD, 1918, 116.
3. Krane, K.S. Introductory Nuclear Physics, Jonh Wiley & Sons, NewYork, 1988, p. 198.
4. Evans, R.D., The atomic Nucleus, McGraw-Hill Inc., New Delhi, 1972. p. 22.
5. Semat, H.E. White, Atomic Age Physics, Rinehart & Company Inc., New York, 1959., p.108.



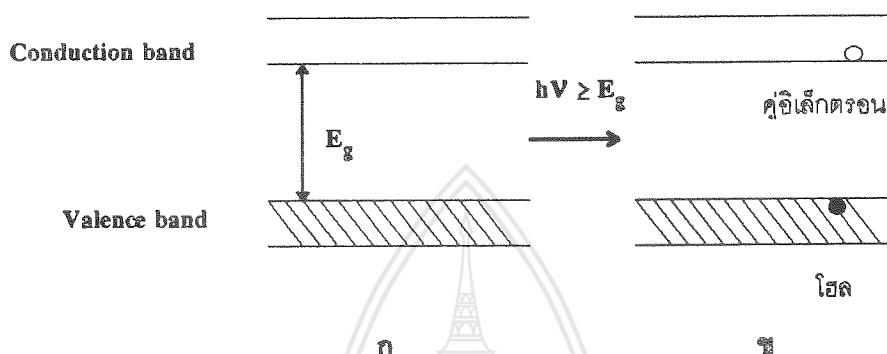
สารกึ่งตัวนำกับสิ่งแวดล้อม

สมเกียรติ ศรีจรรย์*

สารเคมีมลพิษที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำต่าง ๆ เป็นปัญหาสำคัญของโลก เนื่องจากการนำสารเคมีและเคมีภัณฑ์ต่าง ๆ มาใช้กันอย่างมากมาย ปัจจุบันนี้ได้มีสารเคมีที่ขึ้นทะเบียนไว้มากกว่า 5 ล้านชนิด ทั้งนี้ยังไม่รวมสารเคมีที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ และสารมัธยันตร์ (intermediate species) ที่เป็นผลผลิตจากการสลายตัวของสารเคมีต่าง ๆ นอกจากนี้มีการใช้เคมีภัณฑ์กว่า 70,000 ชนิดทั่วโลก โดยจะมีเคมีภัณฑ์ใหม่ ๆ ที่เพิ่มขึ้นในรูปผลผลิตทางการค้าอีกประมาณ 1,000 ชนิดในทุก ๆ ปี ดังนั้นโอกาสที่แหล่งน้ำต่าง ๆ ในโลกจะเกิดการปนเปื้อนจากสารเคมีจึงค่อนข้างสูง เทคโนโลยีที่นำมาใช้ในการลดปริมาณสารเคมีมลพิษอาจแบ่งเป็น 2 แบบ คือ แบบทางกายภาพและแบบทางเคมีแบบทางกายภาพเป็นการดูดซับของสารเคมีมลพิษบนผิวของอนุภาคสารที่ใช้ในการดูดซับเช่นการใช้ผงคาร์บอนในการดูดซับ ในรูปแบบนี้สารเคมีมลพิษยังคงสภาพเดิมไม่ได้ถูกทำลายหรือย่อยสลาย ในขณะที่แบบทางเคมีนั้นสารเคมีมลพิษจะถูกทำลายหรือย่อยสลายให้เป็นโมเลกุลที่เล็กลงจน

กระทั่งอยู่ในรูปที่ไม่เป็นอันตรายต่อสภาพแวดล้อมต่อไป เช่น การใช้จุลินทรีย์เพื่อย่อยสลาย และการใช้แสงอัลตราไวโอเลตร่วมกับโอโซน (UV-Ozone) บทความที่นำเสนอนี้จะกล่าวถึงเทคโนโลยีใหม่ที่กำลังมีการพัฒนาในการย่อยสลายสารเคมีด้วยแบบทางเคมีโดยใช้แสงอัลตราไวโอเลตร่วมกับสารกึ่งตัวนำซึ่งอยู่ในรูปออกไซด์ของโลหะ วิธีการนี้จะเรียกว่าเป็นกระบวนการเร่งปฏิกิริยาโดยใช้แสงแบบวิวิธพันธุ์ (heterogeneous photocatalysis) สำหรับสารกึ่งตัวนำที่นิยมใช้ในกระบวนการ ดังกล่าวได้แก่ ทิตเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) สารกึ่งตัวนำมีลักษณะเฉพาะของโครงสร้างแถบ (band structure) ประกอบด้วยแถบเวเลนซ์ (valence band) ที่มีอิเล็กตรอนบรรจุอยู่เต็มและแถบการนำ (conduction band) ที่ไม่มีอิเล็กตรอนอยู่เลย โดยที่แถบทั้งสองแยกห่างจากกันด้วยช่องว่างแถบพลังงาน (band gap energy; E_g) ดังรูปที่ (1 ก) ค่า E_g จะเป็นค่าเฉพาะของสารกึ่งตัวนำแต่ละชนิด สำหรับ TiO_2 มีค่า E_g ประมาณ 3.0 อิเล็กตรอนโวลต์ (eV)

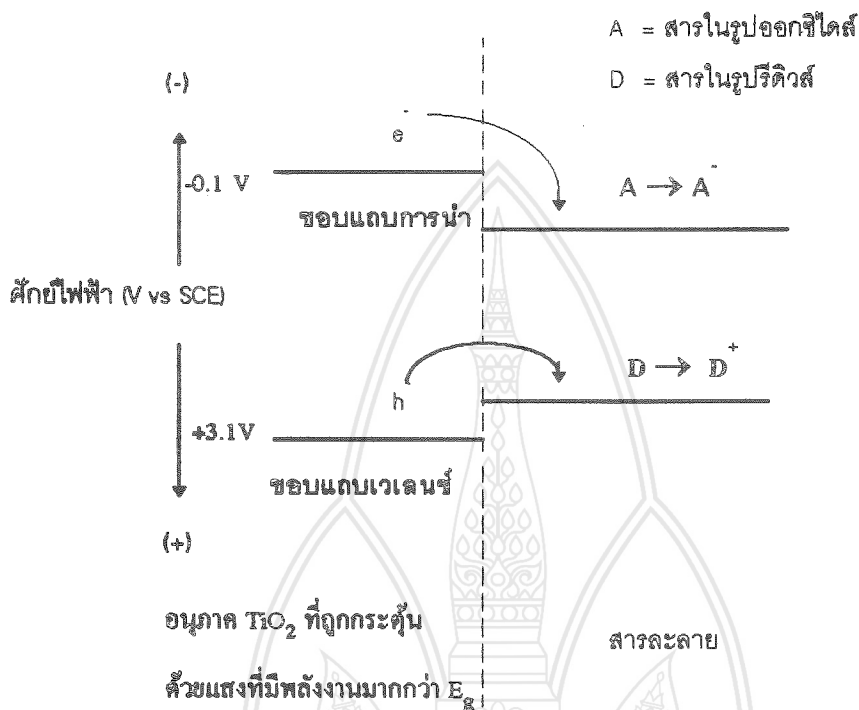
* ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002



รูปที่ 1 แสดงแถบพลังงานของสารกึ่งตัวนำ และการเกิดคู่อิเล็กตรอน-โฮล (hole) เมื่อได้รับพลังงานแสง ($h\nu$) เท่ากับหรือมากกว่า E_g

เมื่อสารกึ่งตัวนำได้รับแสงที่มีพลังงานมากกว่าช่องว่างแถบพลังงาน จะเกิดการสร้างอิเล็กตรอนซึ่งจะอยู่ที่แถบการนำ และโฮล (hole, h^+) ซึ่งประพฤติตัวเสมือนเป็นอิเล็กตรอนที่มีประจุบวก ซึ่งจะอยู่ที่แถบเวเลนซ์ (ดังรูป 1ข) โดยที่โฮลจะเป็นตัวออกซิไดส์ที่ดี ในขณะที่อิเล็กตรอนจะเป็นตัวรีดิวซ์ที่ดี ศักย์รีดอกซ์ (redox potential) ของคู่อิเล็กตรอน-โฮล ที่เกิดขึ้นดังกล่าวจะถูกกำหนดโดยตำแหน่งที่แน่นอนของขอบล่างสุดของแถบการนำ และขอบบนสุดของแถบเวเลนซ์ตามลำดับ สำหรับอนุภาค TiO_2 ที่สัมผัสกับสารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลายที่ $\text{pH} = 1$ ศักย์รีดอกซ์ของอิเล็กตรอนและโฮล เมื่อเทียบกับขั้วคาโลเมลแบบอิ่มตัว (saturated calomel electrode, SCE) มีค่าเท่ากับ -0.1 และ $+3.1$ โวลต์ (V) ตามลำดับ

คู่อิเล็กตรอน-โฮลที่เกิดขึ้นสามารถเคลื่อนที่ไปยังผิวของอนุภาคได้ถ้าสารกึ่งตัวนำถูกกระตุ้นด้วยแสงที่มีพลังงานมากกว่าค่า E_g จากนั้น จะเกิดการถ่ายโอนอิเล็กตรอนขึ้นที่ระหว่างผิวหน้าของอนุภาคสารกึ่งตัวนำกับสารเคมีหรือโมเลกุลของตัวทำละลายที่ถูกดูดซับบนผิวอนุภาคทำให้เกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ขึ้นที่ผิวอนุภาคได้ ซึ่งเป็นไปตามหลักของเทอร์โมไดนามิกส์ กล่าวคือ สารที่ถูกดูดซับบนผิวอนุภาคที่มีศักย์การรีดิวซ์ไปทางบวกของขอบแถบการนำสามารถถูกรีดิวซ์ และสารที่ถูกดูดซับบนผิวอนุภาคที่มีศักย์การออกซิไดส์เป็นบวกน้อยกว่าขอบแถบเวเลนซ์สามารถถูกออกซิไดส์ ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 การถ่ายโอนคู่อิเล็กตรอนและโฮลบนผิวหน้าของอนุภาค TiO_2

การย่อยสลายสารเคมีมลพิษในสารละลายน้ำ โดยใช้แสงและอนุภาค TiO_2 นั้นจะเกิดผ่านปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยที่จุดเริ่มต้นของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน อาจแบ่งเป็น 2 แบบคือการเกิดออกซิเดชันโดยตรงกับโฮลซึ่งจะเกิดเมื่อสารเคมีมลพิษที่ดูดซับบนผิวของอนุภาค TiO_2 มีศักย์การออกซิไดส์น้อยกว่า + 3.1 โวลต์ และการเกิดออกซิเดชันโดยทางอ้อม ในกรณีนี้โฮลจะออกซิไดส์โมเลกุลน้ำที่ดูดซับบนผิวของอนุภาค TiO_2 เกิดเป็นอนุมูลไฮดรอกซิล (hydroxyl radical, $\cdot\text{OH}$) ซึ่งเป็นตัวเร่งในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับสารเคมีมลพิษดูดซับบนผิวของอนุภาคหรือที่อยู่ในน้ำต่อไป โดยทั่วไปแล้วการย่อยสลายสารเคมีมลพิษ

ในน้ำ โดยใช้แสงและอนุภาค TiO_2 จะมีจุดเริ่มต้นของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเป็นไปตามแบบที่สองคือเป็นการเกิดออกซิเดชันโดยทางอ้อม ถ้าปฏิกิริยาออกซิเดชันเกิดอย่างสมบูรณ์ ผลิตภัณฑ์สุดท้ายจะได้คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำและกรดหรือเกลือที่เป็นสารประกอบของสารเคมีมลพิษเริ่มต้นที่ถูกย่อยสลาย ตัวอย่างสารเคมีมลพิษที่สามารถถูกย่อยสลายอย่างสมบูรณ์ โดยใช้อนุภาค TiO_2 และแสงที่มีความยาวคลื่นใกล้ ๆ แสงอัลตราไวโอเลต (near-UV) มีดังนี้

1. สารประเภทแฮโลแอลเคน (halo-alkane) ได้แก่ chloroform, methylene chloride, ethylene dichloride

2. สารประเภทแฮโลแอลคีน (haloalkene) ได้แก่ trichloroethylene และ perchloroethylene

3. สารประเภทแฮโลอะโรมาติก (halo-aromatic) ได้แก่ chlorophenol, chlorobenzene, chlorinated biphenyl, chlorinated dioxins และ dichlorodiphenyltrichloroethane (DDT)

4. สารลดแรงตึงผิว (surfactant) ทั้ง anionic surfactant, cationic surfactant และ nonionic surfactant

5. สารกำจัดวัชพืช (herbicide) ได้แก่ atrazine

ในการวิเคราะห์ทางจลนพลศาสตร์ของกระบวนการย่อยสลายสารเคมีมลพิษโดยใช้แสงที่มีความยาวคลื่นใกล้ ๆ อัลตราไวโอเลต และอนุภาค TiO_2 ดังกล่าวข้างต้น ส่วนใหญ่จะเป็นไปตามจลนพลศาสตร์ของแลงเมียร์-ฮินเชลวูด (Langmuir-Hinshelwood kinetics) โดยที่สมการเชิงเส้นของจลนพลศาสตร์ ดังกล่าวเป็นดังนี้

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{k_{LH}} + \frac{1}{k_{LH}K_A} \cdot \frac{1}{C_A}$$

เมื่อ R = อัตราเร็วเริ่มต้นของปฏิกิริยา

k_{LH} = ค่าคงที่อัตราเร็วปฏิกิริยา

K_A = ค่าคงที่สมดุลของการดูดซับ

C_A = ความเข้มข้นของสารตั้งต้นในวัฏภาคของเหลว

ขั้นกำหนดอัตราเร็วของปฏิกิริยา (rate determining step) ของจลนพลศาสตร์แลงเมียร์-ฮินเชลวูด คือปฏิกิริยาระหว่างอนุมูลไฮดรอกซิลกับสารเคมีมลพิษที่ถูกดูดซับบนพื้นผิวของอนุภาค TiO_2 โดยที่การดูดซับของสารที่เข้าทำปฏิกิริยาบนพื้นผิวของอนุภาค TiO_2 ต้องเป็นไปตามการดูดซับ

แบบแลงเมียร์-ไอโซเทอรัม (Langmuir adsorption isotherm)

ข้อสังเกตที่จะกล่าวถึงในกระบวนการย่อยสลายสารเคมีมลพิษโดยใช้แสงและอนุภาค TiO_2 คือเป็นกระบวนการที่สามารถดำเนินได้ภายใต้สภาวะอุณหภูมิและความดันปกติ ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าเทคโนโลยีในการย่อยสลายสารเคมีมลพิษดังกล่าวเป็นเทคโนโลยีแบบ “soft” นอกจากนี้เทคโนโลยีนี้ไม่สิ้นเปลืองงบประมาณมาก เนื่องจากสารกึ่งตัวนำที่ใช้คืออนุภาค TiO_2 มีราคาไม่แพงมาก และยังสามารถนำกลับมาใช้ได้อีกหลาย ๆ ครั้ง โดยที่ความสามารถในการย่อยสลายสารเคมีมลพิษไม่เปลี่ยนแปลง อย่างไรก็ตามถ้าสามารถใช้พลังงานแสงจากดวงอาทิตย์ในการขับเคลื่อนการสร้างคู่อิเล็กตรอน-โฮลบนพื้นผิวของอนุภาค TiO_2 ได้ โดยการ “doping” อนุภาค TiO_2 ก็จะเป็นประโยชน์อย่างมากในการนำเทคโนโลยีนี้มาใช้ในการบำบัดน้ำเสียที่ปนเปื้อนด้วยสารเคมีมลพิษ

บรรณานุกรม

1. Bard, A.J. (1982). Design of semiconductor photoelectrochemical systems for solar energy conversion. J. Phys. Chem. 86 : 172-177.
2. Ollis, D.F., Pelizzetti, E. and Serpone, N. (1991). Destruction of water contaminants. Environ. Sci. Technol. 25 : 1523-1529.
3. Ollis, D.F., Pelizzetti, E. and Serpone, N. (1989). Heterogeneous photocatalysis in the environment : Application to water purification. in : Serpone, N. and Pelizzetti, E. (eds.) Photocatalysis : Fundamentals and Applications. New York : John Wiley & Sons Inc., 603-637.

เกร็ดคอมพิวเตอร์

นายถังเปียร์

TELNET : โปรแกรมเพื่อขอใช้บริการทางไกลบนระบบเครือข่าย

บางครั้งในการใช้งานบนระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตนั้นพบว่า มีความต้องการที่จะเรียกใช้โปรแกรม หรือข้อมูลบนเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องอื่น ดังนั้น เพื่อให้สามารถทำงานในลักษณะดังกล่าวได้ ระบบจึงได้มีการจัดเตรียมเครื่องมือเพื่อให้ผู้ใช้สามารถขอใช้บริการทางไกลจากเครื่องอื่นที่อยู่บนระบบเครือข่าย ซึ่งการประมวลผลจะเกิดขึ้นที่เครื่องให้บริการและส่งข้อมูลกลับมายังเครื่องคอมพิวเตอร์ของเราที่เป็นตัวขอใช้บริการ สำหรับโปรแกรมขอใช้บริการทางไกลที่รู้จักกันดี คือ TELNET นั่นเอง

สำหรับการขอใช้บริการทางไกลซึ่งผู้ใช้จำเป็นต้องมี account บนระบบแล้ว ยังมีบริการสารสนเทศอื่นที่ผู้ใช้สามารถใช้บริการด้วยโปรแกรม telnet ได้ เช่น gopher, Archie เป็นต้น

การเรียกใช้โปรแกรม TELNET

สามารถเรียกใช้ดังต่อไปนี้

TELNET HOST Name หรือ IP address ของ Host ที่ต้องการติดต่อ
ตัวอย่างการ Connect ไปยังห้องสมุดจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อทำการสืบค้นข้อมูล ซึ่งสามารถเรียกใช้โดยติดต่อไปยัง HOST ซึ่งมี IP address 161.200.145 และทำการ login เข้าที่ account library ดังตัวอย่างต่อไปนี้

telnet 161.200.145

login : library

Chula
Welcome to CHULALINET

You can search by

A > AUTHOR
T > TITLE
S > SUBJECT
W > WORDS
C > CALL NO
I > Library INFORMATION
R > Reserve Lists
V > VIEW your circulation record
L > Change LANGUAGE to THAI/' ;EUhb9@RJRd7B
D > DISCONNECT

Choose one (A,T,S,W,C,I,R,V,L,D)

<<<*** for assistance, please consult the reference librarian ***>>>

ซึ่งหลังจากที่ผู้ใช้ติดต่อไปยัง host ที่ต้องการใช้งานเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ก็สามารถที่จะทำการเรียกใช้งานในเมนูต่าง ๆ ได้ แต่อาจมีปัญหานในเรื่องของความเร็วที่ตอบสนอง

ตัวอย่างการ connect ไปขอใช้บริการจาก Host ของ AIT ซึ่งมี IP address คือ 202.0.79.3 และทำการ connect เข้าไปใช้งานโดยผ่าน account GUEST ดังตัวอย่าง

TELNET 202.0.79.3

กรณีที่สามารถติดต่อกับระบบได้ จะปรากฏ

[illegible]

Press ? for Help, q to Quit, u to go up a menu

Page: 1/1

ผู้ใช้สามารถทำการประมวลผลอื่นได้ต่อไป (แต่อาจช้าหน่อย) ในส่วนของโปรแกรม TELNET จะบอกกล่าวถึงเพียงแค่นี้ โอกาสหน้าจะนำเครื่องมือตัวอื่น ๆ มาเสนอต่อไป ☐☐☐

รู้สึกว่าการนี้มีแต่หัวข้อที่เป็นคำถาม แต่คอลัมน์นี้ไม่มีรางวัลนะครับ เพราะผมจะตอบเองที่ต้องตั้งหัวข้ออย่างนี้ก็เนื่องจากบุญอาจไม่เป็นที่รู้จักกันดีเหมือนปลาร้า จึงน่าจะต้องมาทำความรู้จักกันก่อน จากการที่กระผมเกริ่นมาเสียนานสองนานแม้ท่านที่ไม่รู้จักบุญเลย ก็คงจะเดาได้คร่าว ๆ แล้วว่าน่าจะเป็นอย่างไร ทำจากอะไร ถูกแล้วครับ บุญ ก็คือ อาหารหมักที่ทำจากปลา มีลักษณะคล้ายน้ำปลา นิยมทำอยู่ทางภาคใต้ของประเทศไทย โดยเฉพาะจังหวัดชายฝั่งทะเล เรื่อยลงไปจนถึงประเทศมาเลเซีย ลักษณะที่ต่างไปจากน้ำปลาคือ บุญ บางชนิดจะมีเนื้อของปลาที่ยังย่อยสลายไม่หมดผสมอยู่ด้วย หรือบางชนิดก็จะนำไปผ่านความ

ร้อนและกรองส่วนที่เป็นของแข็งออก ทำให้มีลักษณะเป็นน้ำสีน้ำตาลเข้มลักษณะขุ่นเล็กน้อย และอาจมีการเติมส่วนผสมอื่น ๆ เช่น น้ำตาล ทำให้ได้บูดูชนิดหวาน ปลาที่ใช้ในการผลิตจะเป็น ปลาทะเลขนาดเล็ก เช่น ปลาไส้ตัน ปลากระตัก เหมือน ๆ กับที่ใช้ทำน้ำปลา ไม่มีการนำเครื่องใน ปลาออก หมักกับเกลือจนเกิดการย่อยสลาย มีการศึกษาถึงคุณค่าทางอาหาร และองค์ประกอบ ของ บูดู พบว่า มีสารอาหารที่มีประโยชน์มากมาย ได้แก่ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต วิตามิน และแร่ธาตุที่สำคัญ เช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส และ เหล็ก เป็นต้น

เค้าทำ บูดู กันยังไง ?

หลังจากที่ได้รู้จักกับ บูดู แล้ว ก็ต้องมาดูว่าจะมีวิธีการผลิตบูดูอย่างไร เริ่มจากวัตถุดิบ อัน ได้แก่ ปลาบรรดามีจากทะเล ซึ่งก็เป็นปลาเล็ก ปลาน้อยที่หาประโยชน์อื่นใดไม่ได้นอกจากนำมาหมัก ร่วมกับเกลือ ซึ่งเป็นตัวช่วยไม่ให้ปลาเน่าเสีย กระบวนการหมัก และกลไกการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักคล้ายกับการเกิดน้ำปลามาก อาทิ การคลุกเคล้าปลากับเกลือ ซึ่งในการทำบูดู จะใช้อัตราส่วนประมาณ 1:3 และหมักในโถหรือภาชนะปิด โดยการอัดส่วนผสมให้แน่น และโรยเกลือปิดส่วนบน หลังจากนั้นใช้วัสดุเช่น ไม้ไผ่สาน กัดกันไม่ให้ปลาลอยเมื่อมีการย่อยสลายจนได้ส่วน น้ำและเนื้อปลา วิธีการหมักจะตากแดดและปล่อยให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโดยกระบวนการธรรมชาติ จากปฏิกิริยาทางเคมี และเอนไซม์ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ น้ำย่อยจากตัวปลาและกิจกรรมจาก จุลินทรีย์ที่ถูกคัดเลือกโดยเกลือและสภาพการหมัก การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเริ่มจากการทำงานของ เอนไซม์ที่อยู่ในตัวปลาเริ่มทำงานในการย่อยสลาย ในขณะที่จุลินทรีย์เริ่มแรกมีจำนวนมาก ซึ่งมีแหล่ง

มาจากธรรมชาติ เช่น จากตัวปลา และเกลือเป็นต้น เกลือจะเป็นตัวคัดเลือกให้เหลือแต่เฉพาะจุลินทรีย์ ที่สามารถทนต่อเกลือเข้มข้นสูงได้ เช่น จุลินทรีย์ในกลุ่ม halophilic ซึ่งเป็นพวกที่มีบทบาทสำคัญในการเปลี่ยนแปลงของบูดู และอาจมีจุลินทรีย์พวกที่สามารถสร้างสปอร์ได้ซึ่งจะทำให้ทนต่อสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมได้ดีเหลืออยู่ด้วย นอกจากความเค็มแล้วชนิดและปริมาณจุลินทรีย์เองก็จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลง เช่น ขั้นตอน จุลินทรีย์กลุ่มที่ชอบเจริญในสภาพที่มีอากาศจะเจริญได้ดีและเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างมาก เนื่องจากมีอาหารอุดมสมบูรณ์ และสามารถเจริญเติบโตได้รวดเร็ว แต่พอมีจำนวนมากก็จะใช้อากาศในการเจริญซึ่งมีน้อยอยู่แล้วเนื่องจากสภาพการหมักทำให้อากาศหมดไปอย่างรวดเร็ว จุลินทรีย์กลุ่มนี้ก็จะเริ่มตายลง ในขณะที่จุลินทรีย์กลุ่มที่ต้องการออกซิเจนน้อย หรือไม่ต้องใช้อากาศเจริญเพิ่มจำนวนขึ้นมาแทนที่ จุลินทรีย์เหล่านี้จะใช้อาหารที่เหลือและได้จากการย่อยสลายของจุลินทรีย์กลุ่มแรกในการเจริญและย่อยสลายสารอาหารต่อไป แต่การย่อยสลายสารอาหารจากจุลินทรีย์กลุ่มนี้มักจะไม่สมบูรณ์และเป็นไปอย่างช้า ๆ และจะทำให้ได้กรดอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ที่มีผลต่อค่าความเป็นกรดต่างของบูดู และค่าความเป็นกรดต่างของบูดูก็มีผลต่อรสชาติ และยังไปว่านั่นจะมีผลในการคัดเลือกกลุ่มของจุลินทรีย์ที่จะเจริญต่อไปอีกด้วย จุลินทรีย์ที่เจริญจะสร้างสารที่ให้กลิ่น รสเฉพาะตัว ย่อยสลายโปรตีน ไขมัน และสารอาหารต่าง ๆ จากตัวปลา ให้อยู่ในสภาพที่ร่างกายใช้ได้ง่าย และอาจสร้างสารที่เกิดประโยชน์ เช่น วิตามินอีกด้วย ได้มีการศึกษาพบว่ากลุ่มของจุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายบูดูเป็นกลุ่มเดียวกับในน้ำปลา คือ *Pediococcus* แต่ในการหมักบูดูจะทำงานกระทั่งเนื้อปลาเปื่อยยุ่ย ไม่เห็นเป็นตัว และมีส่วนของน้ำใสสีน้ำตาลอ่อนแยก

ชั้นอยู่ด้านบน ก็จะทำให้การกรองแยก ส่วนที่ยังไม่ย่อยสลายและมีขนาดใหญ่ออก และสามารถเติมเกลือเพื่อหมักและย่อยสลายส่วนที่เหลือต่อไป โดยจะได้เป็นมูลเกรดรอง ๆ ลงไป เช่นเดียวกับในการผลิตน้ำปลา ระยะเวลาที่ใช้หมักทั้งสิ้นกินเวลาประมาณ 3 เดือน ถึงหนึ่งปี ขึ้นกับสภาพการผลิต และปัจจัยอีกหลายประการ

มูลต่างกับน้ำปลา และปลาร้า อย่างไร ?

จากการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจะเห็นว่าไม่แตกต่างจากน้ำปลาเท่าใดนัก แล้วทำไมไม่เป็นน้ำปลา แต่กลายเป็นมูล ที่จริงแล้วส่วนที่ต่างกันอยู่ตรงรายละเอียดของการผลิต เช่น ปริมาณเกลือที่ใช้ และระยะเวลาการหมัก รวมทั้งกรรมวิธีการเก็บเกี่ยวผลผลิต เป็นต้น มูลบางชนิด มีทั้งส่วนที่เป็นของเหลว มีลักษณะเป็นน้ำใส ๆ สีน้ำตาลอ่อน และส่วนที่เป็นของแข็งซึ่งประกอบไปด้วยเนื้อและหนังของปลาที่ถูกย่อยสลายจนมีลักษณะเป็นตะกอนขนาดเล็กคล้ายเนื้อปลาที่ถูกปั่นให้ละเอียด มีสีน้ำตาลอ่อน บางชนิดนำไปผ่านการให้ความร้อนโดยการเคี่ยวและอาจมีการเติมน้ำตาลเป็นการปรุงรสให้หวานเพื่อนำไปใช้ปรุงรสอาหารบางชนิด เป็นต้น มูลที่ผ่านกรรมวิธีให้ความร้อนแล้วจะมีลักษณะเป็นน้ำสีน้ำตาลเข้มลักษณะข้นเล็กน้อย มูลชนิดที่มีส่วนของเนื้อปลาอยู่ด้วย จะมีลักษณะคล้ายกับปลาร้า แต่ปลาร้าจะถูกย่อยสลายน้อยกว่าคือมักจะเห็นปลาเป็นตัว ๆ และที่ต่างจากปลาร้าอีกประการก็คือปลาร้าจะใช้ปลาน้ำจืด และการเติมข้าวในการหมักด้วย พอกล่าวมาถึงขั้นนี้ก็อดที่จะพูดถึงภูมิปัญญาของชาวบ้านไทยในท้องถิ่นต่าง ๆ อีกไม่ได้ คือที่เราเห็นวิธีการที่ดูง่าย ๆ ในการผลิตอาหารหมักพื้นบ้านเหล่านี้ ที่จริงแล้วถ้าพิจารณาให้ดีต้องอาศัยความเป็นนักวิทยาศาสตร์พอสมควรทีเดียว เช่น การเลือกชนิดของปลาที่นำ

มาใช้ ปริมาณเกลือ ระยะเวลาและสภาพการหมัก ซึ่งคงไม่มีสูตรสำเร็จให้ อย่างที่กระผมเล่าให้ฟังแล้วสูตรต่าง ๆ และวิธีการเหล่านี้มาได้อย่างไร ก็ต้องมาจากการสังเกต การลองผิดลองถูก และประสบการณ์ที่ได้รับในแต่ละรุ่นได้ถ่ายทอดกันมา จนกลายเป็นวิธีที่เราท่านเห็นกันอยู่ในปัจจุบัน และทุกสิ่งทุกอย่างก็ทำไปอย่างมีเหตุผล ยกตัวอย่างเช่น ปริมาณเกลือควรใช้เท่าไรในการหมัก จึงจะทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ได้เร็วที่สุด มีรสชาติดีเป็นที่ยอมรับและประหยัด รวมทั้งถูกหลักอนามัย ซึ่งก็ต่างกันไปขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ อีกสารพัด และวิธีการนี้ในวันนี้ก็อาจเปลี่ยนไปอีกในอนาคต ขึ้นกับการยอมรับและรสนิยมของคนในแต่ละยุคแต่ละสมัยอีกด้วย ความรู้ที่ได้ไขอยู่ในขณะนี้จะต้องแลกมาด้วยหยาดเหงื่อ น้ำตา หรือแม้กระทั่งชีวิต อย่าคิดว่าเป็นเรื่องเล่น ๆ นะครับ ลองดูกัน ถ้ามีการทดลองลดปริมาณเกลือเพื่อเป็นการประหยัด ทำให้ปริมาณเกลือไม่เพียงพอต่อการควบคุมจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสีย ก็ต้องทำให้เสียเหงื่อฟรี ๆ หรืออาจเสียน้ำตาเนื่องจากขาดทุน เพราะอาหารเน่าเสีย แต่ถ้าร้ายไปกว่านั้นคือปริมาณเกลือพอที่จะทำให้อาหารไม่เน่าเสีย แต่ไม่สามารถทำลายจุลินทรีย์ก่อโรคบางชนิดที่มากับอาหารได้ ใครบริโภคเข้าไปก็อาจถึงตายได้นะครับ เห็นมั๊ยครับซีเรียส

เอามูลไปทำอะไรรับประทานดี ?

อันนี้ก็ขึ้นอยู่กับข้อมูลสำคัญที่ผมได้รับจากเพื่อนชาวใต้ผู้พูดน้อยต่อหยอกของกระผม ทั้งที่เป็นข้อมูลจากการบอกเล่า และประสบการณ์ตรงที่ได้รับจากท่าน คือได้ร่วมรับประทานของจริงเลย ซึ่งอันนี้ก็เป็แรงดลใจอย่างหนึ่งที่ทำให้กระผมเลือกเขียนเรื่อง มูล อาหารนั่นก็คือ ข้าวยำ ซึ่งเป็นอาหารได้ที่แพร่หลายและเป็นที่รู้จักกันทั่วไปอีก

ชนิดหนึ่ง และก็มีน้ำบุญเป็นองค์ประกอบสำคัญ และเป็นตัวชูรสที่ขาดไม่ได้เลยของอาหารชนิดนี้ บุญที่ใช้เป็นชนิดที่เติมน้ำตาล โดยใช้เป็นน้ำราดข้าวยา ทำให้มีรสชาติอร่อยน่ารับประทาน นอกจากนี้ยังสามารถนำ บุญ ไปทำอาหารอีกหลายชนิด เช่น ยำบุญ หลนบุญ รับประทานกับข้าว แก้มกับผัก อร่อยนักแล ยิ่งกว่านั้นชาวใต้โดยเฉพาะชาวมุสลิมยังนำบุญไปใช้เป็นตัวชูรสในการประกอบอาหารต่างๆ อีกมากมาย ซึ่งคงไม่ขอกล่าวถึงในรายละเอียด แต่ถ้าอยากทราบจริง ๆ เพื่อนชาวใต้ของกระผม บอกว่าให้มาถามได้เป็นการส่วนตัวยินดีจะอธิบายพร้อมยกตัวอย่างให้เข้าใจอย่างลึกซึ้ง แถมอาจมีของจริงให้ลองชิม ก็ได้นะจะบอกให้

แล้วโตปลาล่ะ ? (ขอเกิดด้วยคน)

เมื่อพูดถึงบุญ แล้วไม่พูดถึงโตปลาก็คงไม่ดีแน่ เพราะเดี๋ยวมันจะเสียใจ (คุณสันติสุข คำว่าไว้ในโฆษณา) ก็จริงอย่างที่เค้าพูดเพราะคงขาดรสชาติแน่ถ้าไม่ได้พูดถึง โตปลาที่กระผมจะกล่าวถึงนี้คืออาหารหมักจากปลาชนิดหนึ่งซึ่งเป็นที่นิยมทางภาคใต้เช่นกัน ไม่ใช่โตของปลานะครับ แล้วทำไมเรียกโตปลา มาดูกันต่อไป

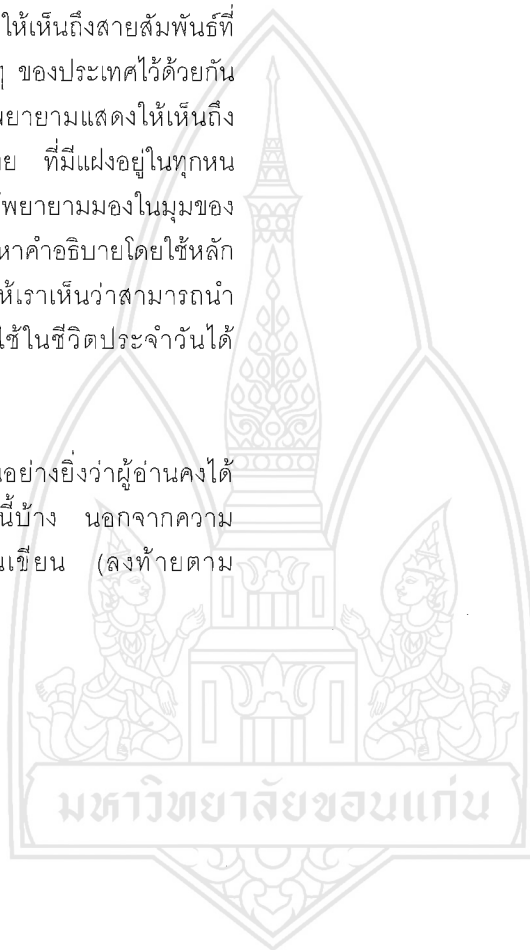
พวกเราเกือบทุกคน โดยเฉพาะคนที่อยู่ในวงการ (รับประทาน) คงเคยได้ยินคำว่า แกงโตปลา หลายท่านคงบอกว่า อ้าวว่าแต่ได้ยินเลยลิ้มรสก็เคยมาแล้ว เพราะแกงโตปลาเป็นอาหารได้อีกชนิดหนึ่งที่แพร่หลายทั่วไป ท่านเคยสงสัยมั๊ยครับว่าเค้าเอาโตปลาอะไรมาแกง แล้วเอามาทำอย่างไรบ้าง

ชาวไทยที่อาศัยอยู่ตามชายฝั่งทะเลของภาคใต้ได้นำเครื่องในของปลา อันได้แก่ กระเพาะและลำไส้ รวมทั้งเครื่องในอื่นๆ ของปลาเช่น ปลาทุเป็นต้น ซึ่งคิดให้ตี ๆ แล้วเป็นการนำของที่น่าจะเหลือทิ้งมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้อย่างคุ้มค่าจริง ๆ เพราะส่วนเครื่องในปลาเหล่านี้ก็ได้จากการทำความสะอาด

สะอาดปลาที่จับมาได้ก่อนนำไปจำหน่าย ในปัจจุบันผู้ผลิตโตปลารายสำคัญก็คือโรงงานผลิตปลาทุนี้ คงไม่ต้องบอกระบุว่าเพราะอะไร เอละเราได้ส่วนประกอบสำคัญในการทำโตปลา ก็คือเครื่องในปลาไปแล้ว แล้วทำไมเรียกโตปลา ที่ได้ชื่อเช่นนี้ก็ น่าจะมาจากที่ชาวบ้านเรียกเครื่องในรวม ๆ ว่า ตับโตได้ฟัง ก็ได้กระมัง เรียกให้สั้น ๆ ก็เลยเหลือแค่โต อันนี้กระผมไม่ขอยืนยันนะครับเพราะไม่ใช่ นักภาษาศาสตร์ จึงมิขอบังอาจ เพียงแต่เสนอเพื่อให้ช่วยกันพิจารณาความเป็นไปได้เท่านั้น ที่นี้เค้า นำเครื่องในปลามาทำอะไร เค้าก็นำมาคลุกกับเกลือในอัตราส่วนที่เหมาะสม คือประมาณ 10:1 และนำมาหมักไว้ คล้ายกับการหมักน้ำปลา บุญ หรือปลาร้า แต่ใช้ระยะเวลาในการหมักเพียงหนึ่งถึงสองสัปดาห์ เท่านั้น ทำไมถึงใช้เวลาสั้นนักล่ะ ? ที่จริงเครื่องในน่าจะย่อยยากนะ จะว่ายากก็ยากนะ เมื่อเทียบกับส่วนเนื้อ แต่ก็ไม้อาจต้านทานพระเอกของเราคือจุลินทรีย์นั่นเองยิ่งส่วนของกระเพาะและลำไส้เป็นแหล่งสำคัญของจุลินทรีย์เลยก็ว่าได้ อีกทั้งในส่วนนี้ก็ยังเป็นแหล่งน้ำย่อยที่สำคัญที่มีอยู่มากมายอีกด้วย แล้วจะเหลืออะไร นอกจากนี้ปริมาณเกลือที่ใช้จะน้อยกว่าการทำน้ำปลาและปลาหมักอื่น ๆ มาก ทำให้มีจุลินทรีย์ที่เหลืออยู่ในปริมาณมาก ดังนั้นระยะเวลาเพียงแค่ครึ่งเดือนก็จะได้โตปลามารับประทานกันแล้ว การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระหว่างการหมักก็คล้ายกับปลาหมักชนิดอื่น คงไม่กล่าวถึงแล้ว จุลินทรีย์ก็เป็นกลุ่มใกล้เคียงกัน แต่มีปริมาณ และความหลากหลายมากกว่า จากหลายปัจจัยดังได้กล่าวแล้ว ในระหว่างการหมักจะมีการสร้างกรด และก๊าซขึ้น ทำให้โตปลามีกลิ่นเปรี้ยวเล็กน้อย เมื่อหมักได้ที่ เครื่องในปลาจะเปื่อยยุ่ย มีสีน้ำตาลเข้ม ก็จะนำมากรองและทำให้สุก และพร้อมที่จะนำไปใช้ปรุงอาหารได้ต่อไป

คงต้องลากันแล้วนะครับในฉบับนี้ หลัง จากได้กล่าวถึงอาหารปลาหมักในท้องถิ่นต่าง ๆ ของประเทศไทยที่พอเป็นที่รู้จัก มาถึงสามฉบับ ติดต่อกัน ซึ่งเป็นการทำให้ทราบถึงวัฒนธรรมการ รับประทานอาหารที่แตกต่างกัน และเหมือนกันของชาว ไทยในแต่ละภาค อันแสดงให้เห็นถึงสายสัมพันธ์ที่ โยงใยชาวไทยในส่วนต่าง ๆ ของประเทศไว้ด้วยกัน อีกอย่างหนึ่ง รวมทั้งได้พยายามแสดงให้เห็นถึง ภูมิปัญญาของชาวชนบทไทย ที่มีแฝงอยู่ในทุกหน แห่งของประเทศ และได้พยายามมองในมุมของ นักวิทยาศาสตร์ พยายามหาคำอธิบายโดยใช้หลัก การทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้เราเห็นว่าสามารถนำ วิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ อย่างดี

สุดท้ายนี้หวังเป็นอย่างยิ่งว่าผู้อ่านคงได้ อะไรจากการอ่านบทความนี้บ้าง นอกจากความ รู้ค่าคุณ หรือหมั่นไล่คนเขียน (ลงท้ายตาม ธรรมเนียมนิยมนะเนี่ย)



สมการที่ใช้หาผลบวกกำลัง k

สมจิต ไรดิชัยสถิตย์

เป็นที่รู้จักกันโดยทั่วไปแล้วว่า ทุกจำนวนเต็มบวก n ใด ๆ

$$1 + 2 + 3 + \dots + n = \frac{n(n+1)}{2}$$

$$1^2 + 2^2 + 3^2 + \dots + n^2 = \frac{n(n+1)(2n+1)}{6}$$

$$1^3 + 2^3 + 3^3 + \dots + n^3 = \left(\frac{n(n+1)}{2}\right)^2$$

$$1^4 + 2^4 + 3^4 + \dots + n^4 = \frac{n(n+1)(2n+1)(3n^2+3n-1)}{30}$$

แต่สูตรของผลบวกดังกล่าวกำลังห้าเป็นต้นไป ยังไม่ค่อยจะรู้จักกันโดยแพร่หลาย

ในบทความนี้ จะเสนอสมการที่ใช้ในการคำนวณหาสูตรของผลบวกกำลังทั่วไป ดังนี้

กำหนดให้ k เป็นค่าคงตัวที่เป็นจำนวนเต็มบวก และ

$$S(k,n) = 1^k + 2^k + \dots + n^k$$

แล้วจะพิสูจน์สมการต่อไปนี้ (โดยอาศัยหลักการอุปนัยเชิงคณิตศาสตร์)

$$\binom{k+1}{k} S(k,n) + \binom{k+1}{k-1} S(k-1,n) + \dots + \binom{k+1}{2} S(2,n) + \binom{k+1}{1} S(1,n) = (n+1)^{k+1} - (n+1)$$

พิสูจน์ (ผู้อ่านที่ไม่สนใจการพิสูจน์ สามารถข้ามการพิสูจน์ส่วนนี้ไปได้)

กำหนดให้ k เป็นจำนวนเต็มบวกใด ๆ และกำหนดให้

$P(n)$ แทนข้อความ

$$\binom{k+1}{k} S(k,n) + \binom{k+1}{k-1} S(k-1,n) + \dots + \binom{k+1}{2} S(2,n) + \binom{k+1}{1} S(1,n) = (n+1)^{k+1} - (n+1)$$

พิจารณา

$$\begin{aligned} & \binom{k+1}{k} S(k,1) + \binom{k+1}{k-1} S(k-1,1) + \dots + \binom{k+1}{2} S(2,1) + \binom{k+1}{1} S(1,1) \\ &= \binom{k+1}{k} + \binom{k+1}{k-1} + \binom{k+1}{k-2} + \dots + \binom{k+1}{2} + \binom{k+1}{1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \binom{k+1}{k+1} + \binom{k+1}{k} + \binom{k+1}{k-1} + \binom{k+1}{k-2} + \dots + \binom{k+1}{2} + \binom{k+1}{1} + \binom{k+1}{0} - 2 \\
&= 2^{k+1} - 2 \\
&= (1+1)^{k+1} - (1+1)
\end{aligned}$$

ดังนั้น จะได้ $P(1)$ จริง

สมมติให้ $P(m)$ จริง นั่นคือ

$$\binom{k+1}{k} S(k,m) + \binom{k+1}{k-1} S(k-1,m) + \dots + \binom{k+1}{2} S(2,m) + \binom{k+1}{1} S(1,m) = (m+1)^{k+1} - (m+1)$$

พิจารณา

$$\begin{aligned}
&\binom{k+1}{k} S(k,m+1) + \binom{k+1}{k-1} S(k-1,m+1) + \dots + \binom{k+1}{2} S(2,m+1) + \binom{k+1}{1} S(1,m+1) \\
&= \binom{k+1}{k} S(k,m) + \binom{k+1}{k} (m+1)^k + \binom{k+1}{k-1} S(k-1,m) + \binom{k+1}{k-1} (m+1)^{k-1} \dots + \binom{k+1}{2} S(2,m) \\
&\quad + \binom{k+1}{2} (m+1)^2 + \binom{k+1}{1} S(1,m) + \binom{k+1}{1} (m+1) \\
&= \binom{k+1}{k} S(k,m) + \binom{k+1}{k-1} S(k-1,m) + \dots + \binom{k+1}{2} S(2,m) + \binom{k+1}{1} S(1,m) \\
&\quad + \binom{k+1}{k} (m+1)^k + \binom{k+1}{k-1} (m+1)^{k-1} + \dots + \binom{k+1}{2} (m+1)^2 + \binom{k+1}{1} (m+1) \\
&= (m+1)^{k+1} - (m+1) + \binom{k+1}{k} (m+1)^k + \binom{k+1}{k-1} (m+1)^{k-1} + \dots + \binom{k+1}{2} (m+1)^2 + \binom{k+1}{1} (m+1) \\
&= [(m+1)^{k+1} + \binom{k+1}{k} (m+1)^k + \binom{k+1}{k-1} (m+1)^{k-1} + \dots + \binom{k+1}{2} (m+1)^2 + \binom{k+1}{1} (m+1) + 1] \\
&\quad - [(m+1) + 1] \\
&= [(m+1)^{k+1} + \binom{k+1}{1} (m+1)^k + \binom{k+1}{2} (m+1)^{k-1} + \dots + \binom{k+1}{k-1} (m+1)^2 + \binom{k+1}{k} (m+1) + 1] \\
&\quad - [(m+1) + 1] \\
&= [(m+1)+1]^{k+1} - [(m+1)+1]
\end{aligned}$$

จะได้ว่า $P(m+1)$ จริง จากหลักการอุปนัยเชิงคณิตศาสตร์ สรุปได้ว่า

$$\binom{k+1}{k} S(k,n) + \binom{k+1}{k-1} S(k-1,n) + \dots + \binom{k+1}{2} S(2,n) + \binom{k+1}{1} S(1,n) = (n+1)^{k+1} - (n+1) \dots (*)$$

เป็นจริง ทุก n ที่เป็นจำนวนเต็มบวก

จากการ (*) นี้สามารถนำไปหาสูตรผลบวกกำลังต่าง ๆ โดยการทำที่ละขั้นดังนี้

กำหนด $k = 1$ จะได้

$$\binom{2}{1} S(1,n) = (n+1)^2 - (n+1)$$

$$2 S(1,n) = (n+1) [(n+1) - 1]$$

$$2 S(1,n) = (n+1)n$$

$$S(1,n) = \frac{n(n+1)}{2}$$

หรือ $1+2+\dots+n = \frac{n(n+1)}{2}$ สูตรผลบวกกำลัง 1

กำหนด $k = 2$ จะได้

$$\binom{3}{2} S(2,n) + \binom{3}{1} S(1,n) = (n+1)^3 - (n+1)$$

$$3 S(2,n) + 3 S(1,n) = (n+1) [(n+1)^2 - 1]$$

$$3 S(2,n) = (n+1)(n^2 + 2n + 1 - 1) - 3S(1,n)$$

$$3 S(2,n) = (n+1)(n^2 + 2n) - 3\left(\frac{(n+1)n}{2}\right) \quad (\text{แทนค่า } S(1,n))$$

$$3 S(2,n) = (n+1) n(n+2) - \frac{3(n+1)n}{2}$$

$$3 S(2,n) = n(n+1) \left[n+2 - \frac{3}{2} \right]$$

$$3 S(2,n) = \frac{n(n+1)(2n+1)}{2}$$

$$S(2,n) = \frac{n(n+1)(2n+1)}{6}$$

หรือ $1^2 + 2^2 + \dots + n^2 = \frac{n(n+1)(2n+1)}{6}$ สูตรผลบวกกำลัง 2

กำหนด $k = 3$ จะได้

$$\binom{4}{3} S(3,n) + \binom{4}{2} S(2,n) + \binom{4}{1} S(1,n) = (n+1)^4 - (n+1)$$

$$4 S(3,n) + 6 S(2,n) + 4 S(1,n) = (n+1) [(n+1)^3 - 1]$$

$$4 S(3,n) = (n+1)(n^3 + 3n^2 + 3n) - 6 S(2,n) - 4 S(1,n)$$

$$4 S(3,n) = (n+1)(n^3 + 3n^2 + 3n) - 6 \left(\frac{n(n+1)(2n+1)}{6} \right) - 4 \left(\frac{n(n+1)}{2} \right) \quad (\text{แทนค่า } S(1,n), S(2,n))$$

$$4 S(3,n) = (n+1)(n^3 + 3n^2 + 3n) - n(n+1)(2n+1) - 2n(n+1)$$

$$4 S(3,n) = (n+1)n[(n^2 + 3n + 3) - (2n+1) - 2]$$

$$4 S(3,n) = n(n+1)(n^2 + n)$$

$$S(3,n) = \left(\frac{n(n+1)}{2} \right)^2$$

หรือ $1^3 + 2^3 + 3^3 + \dots + n^3 = \left(\frac{n(n+1)}{2} \right)^2$ สูตรผลบวกกำลัง 3

กำหนด $k = 4$ จะได้

$$\binom{5}{4} S(4,n) + \binom{5}{3} S(3,n) + \binom{5}{2} S(2,n) + \binom{5}{1} S(1,n) = (n+1)^5 - (n+1)$$

$$5 S(4,n) + 10 S(3,n) + 10 S(2,n) + 5 S(1,n) = (n+1) [(n+1)^4 - 1]$$

$$5 S(4,n) = (n+1) [(n+1)^4 - 1] - 10 S(3,n) - 10 S(2,n) - 5 S(1,n)$$

$$5 S(4,n) = (n+1)(n^4 + 4n^3 + 6n^2 + 4n) - 10 \left(\frac{n(n+1)}{2} \right)^2 - 10 \left(\frac{n(n+1)(2n+1)}{6} \right) - 5 \left(\frac{n(n+1)}{2} \right) \\ (\text{แทนค่า } S(1,n), S(2,n), S(3,n))$$

$$5 S(4,n) = n(n+1)(n^3 + 4n^2 + 6n + 4) - \frac{5}{2} (n(n+1))^2 - \frac{5}{3} n(n+1)(2n+1) - \frac{5}{2} n(n+1)$$

$$5 S(4,n) = n(n+1) \left[(n^3 + 4n^2 + 6n + 4) - \frac{5}{2} n(n+1) - \frac{5}{3} (2n+1) - \frac{5}{2} \right]$$

$$5 S(4,n) = n(n+1) \frac{(6n^3 + 24n^2 + 36n + 24 - 15n^2 - 15n - 20n - 10 - 15)}{6}$$

$$5 S(4,n) = \frac{n(n+1)(6n^3 + 9n^2 + n - 1)}{6}$$

$$S(4,n) = \frac{n(n+1)(2n+1)(3n^2 + 3n - 1)}{30}$$

หรือ $1^4 + 2^4 + \dots + n^4 = \frac{n(n+1)(2n+1)(3n^2 + 3n - 1)}{30}$ สูตรผลบวกกำลัง 4

ข้อสังเกต : ในการคำนวณหาสูตรผลบวกกำลังต่าง ๆ จะต้องใช้สูตรผลบวกกำลังที่ต่ำกว่าไปแทนค่าเสมอ

ในการหาสูตรผลบวกกำลังตั้งแต่ 5 ถึง 10 นั้น ผู้เขียนไม่ได้แสดงวิธีการคำนวณ เพียงแต่นำผลการคำนวณที่ได้เป็นสูตรมาสรุปไว้ให้เท่านั้น (ผู้อ่านสามารถหาสูตรผลบวกกำลังที่สูงขึ้นต่อไปได้อีกเรื่อยๆ โดยการกระทำแบบเดียวกัน)

$$1^5 + 2^5 + 3^5 + \dots + n^5 = \frac{n^2(n+1)^2(2n^2+2n-1)}{12}$$

$$1^6 + 2^6 + 3^6 + \dots + n^6 = \frac{n(n+1)(2n+1)(3n^4+6n^3-3n+1)}{42}$$

$$1^7 + 2^7 + 3^7 + \dots + n^7 = \frac{n^2(n+1)^2(3n^4+6n^3-n^2-4n+2)}{24}$$

$$1^8 + 2^8 + 3^8 + \dots + n^8 = \frac{n(n+1)(2n+1)(5n^6+15n^5+5n^4-15n^3-n^2+9n-3)}{90}$$

$$1^9 + 2^9 + 3^9 + \dots + n^9 = \frac{n^2(n+1)^2(n^2+n-1)(2n^4+4n^3-n^2-3n+3)}{20}$$

$$1^{10} + 2^{10} + 3^{10} + \dots + n^{10} = \frac{n(n+1)(2n+1)(n^2+n-1)(3n^6+9n^5+2n^4-11n^3+3n^2+10n-5)}{66}$$

เอกสารอ้างอิง

Stewart, B. M. , Theory of Numbers , Second Edition . NewYork :

The MacmillanCompany, 1964

รูปแบบของการเลี้ยวเบนที่มีผลเนื่องจากขนาดของแถบคลื่นแสงแสดงในรูปที่ 4 มี

ค่ากลางอยู่ที่ 500 nm

เสริมทักษะวิทยาศาสตร์

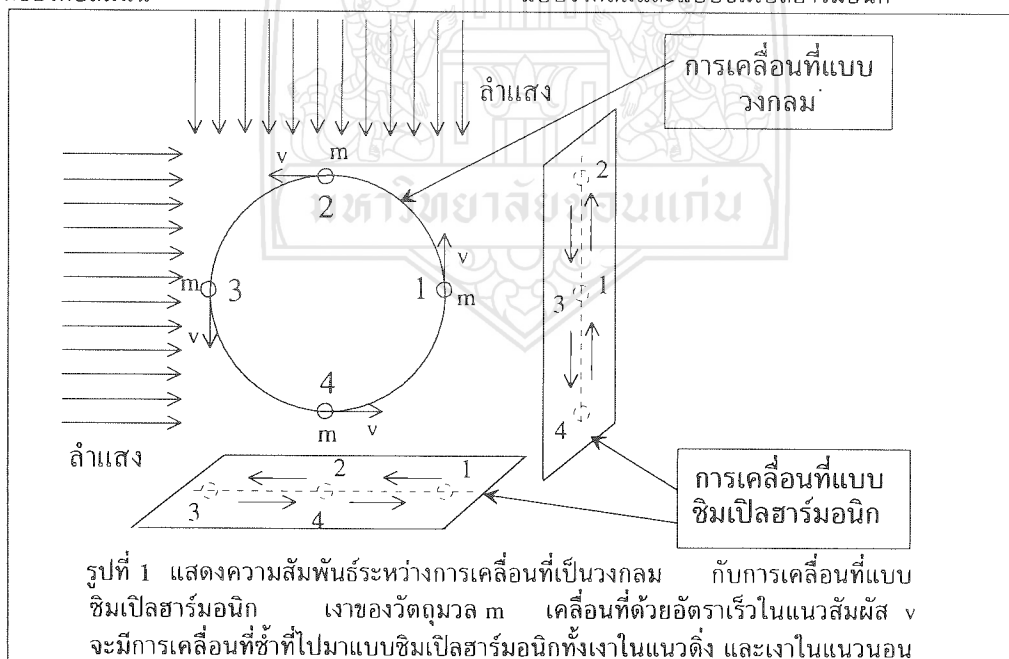
การเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก

ผศ.สยาม ชูถิ่น *

ในชีวิตประจำวัน เราจะพบการเคลื่อนที่แบบซั้ที่ไปมามากมาย เช่น ซั้ซั้ที่แกว่งไปมา การส่ายไปมาของเครื่องปัดน้ำฝนของรถยนต์ การสั่นของสายเครื่องดนตรีประเภทเครื่องสาย การสั่นของสปริงการแกว่งไปมาของตุ้มนาฬิกา การเคลื่อนที่แบบซั้ที่ไปมา ดังตัวอย่างที่กล่าวข้างบน เรียกว่าการเคลื่อนที่แบบสั่น(vibration) การเคลื่อนที่แบบสั่น ถ้ามีการกระจัดสูงสุด(หรือแอมพลิจูด)มีค่าคงที่ เราจะเรียกว่าการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก ซึ่งเป็นหัวข้อหนึ่งในหลักสูตรมัธยมปลายปัจจุบัน ที่มีบางแง่มุมน่าจะนำมาพูดถึงเพื่อเสริมความเข้าใจ อันเป็นจุดประสงค์ของคอลัมน์นี้

1. ความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิกกับการเคลื่อนที่เป็นวงกลม

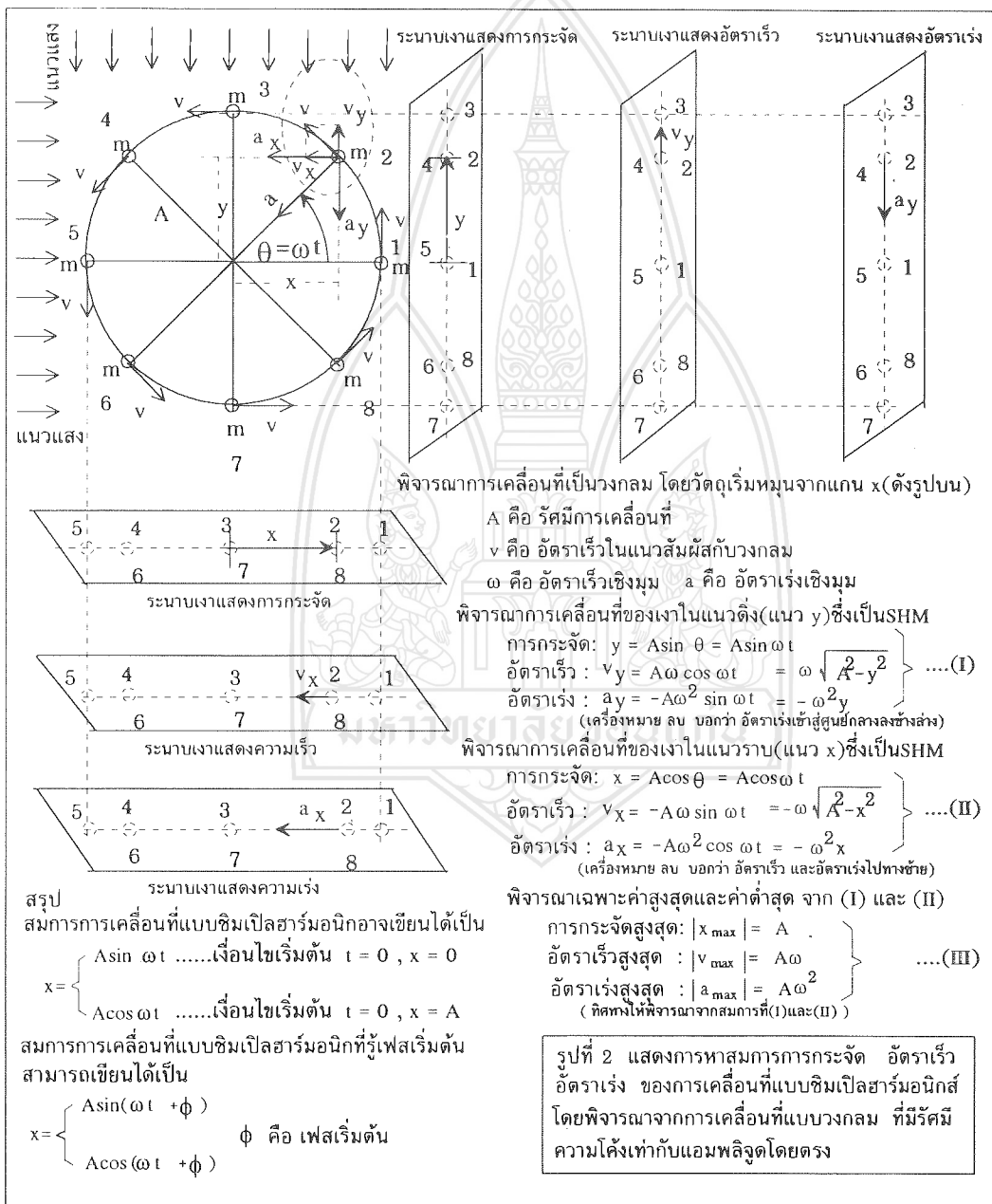
การเคลื่อนที่แบบสั่นกับการเคลื่อนที่เป็นแบบวงกลมนั้น ถ้าพิจารณาให้ดีจะเป็นการเคลื่อนที่แบบซั้ที่ไปมาเหมือนกันถ้ามีการเคลื่อนที่ครบรอบ ด้วยเหตุนี้เอง ปริมาณที่บ่งบอกการเคลื่อนที่ ไม่ว่าจะเป็นคาบ ความถี่ของการเคลื่อนที่แบบสั่น จึงใช้เช่นเดียวกับของการเคลื่อนที่เป็นวงกลม รวมทั้งการกำหนดมุมเฟสของการเคลื่อนที่แบบสั่น ก็กำหนดให้สอดคล้องกับตำแหน่งเชิงมุมของการเคลื่อนที่เป็นวงกลม รูปที่ 1 เป็นรูปแสดงความสัมพันธ์ของการเคลื่อนที่แบบวงกลมและแบบซิมเปิลฮาร์โมนิก



* ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

2. สมการการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก

การหาสมการความสัมพันธ์ของ การกระจัด ระดับมหาวิทยาลัยเราสามารถเอามาใช้การพิจารณาอัตราเร็ว หรืออัตราเร่งขณะเวลาใด ๆ ของการเคลื่อน การเคลื่อนที่เป็นวงกลมที่มีรัศมีเท่ากับการกระจัดสูงที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก แทนที่จะใช้คณิตศาสตร์ สุดแทนได้ และก็ได้ผลเช่นเดียวกันดังรูปที่ 2



3. ซิมเปิลฮาร์โมนิกแบบต่าง ๆ

ตัวอย่างการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิกที่คุ้นเคยกันมากๆ ได้แก่ การเคลื่อนที่ของวัตถุที่ปลายสปริง และการแกว่งของตุ้มนาฬิกา ถ้าจัดให้สั้นหรือแกว่งด้วยขนาดแอมพลิจูดคงที่แล้ว จะมีการสั้นหรือแกว่งด้วยคาบเวลาที่แน่นอน หรือมีค่าความถี่ที่คงที่ในแต่ละระบบ ซึ่งถือเป็น "ความถี่ธรรมชาติ" ของระบบนั้นๆ

ในเนื้อหาหลักสูตรมัธยมปลายมีตัวอย่างการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิกหลายอย่าง จะขอรวบรวมพร้อมเพิ่มเติมเข้าไปอีกเป็นบางส่วนเพื่อเสริมให้เกิดความเข้าใจ โดยจะแสดงการหาความถี่ธรรมชาติในแต่ละตัวอย่างไว้ด้วย เพื่อเป็นแนวทางในการหาค่าความถี่ธรรมชาติ ของระบบที่แปลกออกไปจากที่เคยเห็นดังรูปที่ 3

1 มวลติดที่ปลายสปริง

$F = \text{แรงดึงเข้าหาจุดสมดุล}$
 $k = \text{ค่าคงที่สปริง}$
 $F = -kx$
 $ma = -kx$
 $a = -\frac{k}{m}x$... (1)
 เทียบกับอัตราเร่ง SHM
 $a = -\omega^2 x$... (2)
 จะได้ว่า $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$ หรือ $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$

2 การแกว่งของตุ้มนาฬิกา

$F = \text{แรงดึงเข้าหาจุดสมดุล}$
 $F = mg \sin \theta$
 $ma = mg \sin \theta$
 $a = g \sin \theta$
 ถ้า θ มีค่าน้อยๆ
 $\sin \theta = \tan \theta = \frac{x}{l}$ แทนค่า
 $a = -\frac{g}{l}x$... (1)
 เทียบกับอัตราเร่ง SHM
 $a = -\omega^2 x$... (2)
 จะได้ว่า $\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$ หรือ $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}$

3 การกระเพื่อมของวัตถุลอยน้ำ

กรณีนี้.....
 B เป็นแรงดึงเข้าหาจุดสมดุล
 B คือแรงลอยตัว นั่นคือ $F = B$
 $F = \rho_l V g$
 $ma = \rho_l V g$
 โดยที่ $\rho_l = \text{ความหนาแน่นของของเหลว}$
 $V g = \text{ปริมาตรของวัตถุส่วนที่จม}$
 $A = \text{พื้นที่หน้าตัดของวัตถุ}$
 $ma = \rho_l A x g$
 $a = -\rho_l \frac{A}{m} x$... (1)
 เทียบกับอัตราเร่ง SHM
 $a = -\omega^2 x$... (2)
 จะได้ว่า $\omega = \sqrt{\frac{\rho_l A g}{m}}$ หรือ $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\rho_l A g}{m}}$

4 แผ่นเหล็กสปริง

ออกแรงดึงแผ่นเหล็ก
 ให้ของเหลวกลับสู่ภาวะสมดุลคือ น้ำหนักของเหลวที่สูง 2x ด้านซ้าย
 ดังนั้น
 $F = -kx$
 $ma = -kx$
 $a = -\frac{k}{m}x$... (1)
 เทียบกับอัตราเร่ง SHM
 $a = -\omega^2 x$... (2)
 จะได้ว่า $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$ หรือ $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$

5 ของเหลวในหลอด

กรณีนี้แรงที่จะดึงให้ของเหลวกลับสู่ภาวะสมดุลคือ น้ำหนักของเหลวที่สูง 2x ด้านซ้าย
 ดังนั้น
 $F = \rho V g$
 $ma = \rho A (2x) g$
 $ma = \frac{m}{V} A (2x) g$
 $ma = \frac{m}{AL} A (2x) g$
 $a = -\frac{2g}{L}x$... (1)
 $A = \text{พื้นที่หน้าตัดของหลอด}$
 $\rho = \text{ความหนาแน่นของของเหลว}$
 $L = \text{ความยาวของลำของเหลวทั้งหมด}$
 เทียบกับอัตราเร่ง SHM
 $a = -\omega^2 x$... (2)
 จะได้ว่า $\omega = \sqrt{\frac{2g}{L}}$ หรือ $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2g}{L}}$

6 มวลที่เชือกขึงตึง

ระบบดังกล่าวมวล m อยู่ที่กึ่งกลางของลวดที่ขึงตึง ถูกดึงให้สูงขึ้นเล็กน้อย (มุม theta เล็กๆ) เมื่อปล่อยมือแล้วจะดึงให้มวล m เข้าจุดสมดุล คือ $2T \sin \theta$ ดังนั้น
 $F = 2T \sin \theta$ โดย $T = \text{ความตึงเชือก}$
 $ma = 2T \sin \theta$
 $a = \frac{2T \sin \theta}{m}$
 ถ้า θ มีค่าน้อยๆ และเชือกยาว 2L แล้ว
 $\sin \theta = \tan \theta = \frac{x}{L}$ แทนค่าข้างบน
 $a = -\frac{2T}{mL}x$... (1)
 เทียบกับอัตราเร่ง SHM
 $a = -\omega^2 x$... (2)
 จะได้ว่า $\omega = \sqrt{\frac{2T}{mL}}$ หรือ $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2T}{mL}}$

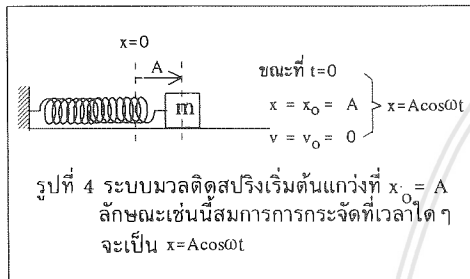
7 ระบบสปริง

ระบบตามรูป ถ้าจับมวล m มาทางซ้ายเป็นระยะทาง x มวล m จะมีแรงที่กระทำ 2 แรง คือ F_1 และ F_2 ดังนั้นแรงที่จุดให้มวล m เคลื่อนที่เข้าจุดสมดุลคือ
 $F = F_1 + F_2$
 $F = k_1 x + k_2 x$
 $ma = (k_1 + k_2)x$
 $a = -\frac{(k_1 + k_2)}{m}x$... (1)
 เทียบกับอัตราเร่ง SHM
 $a = -\omega^2 x$... (2)
 จะได้ว่า $\omega = \sqrt{\frac{(k_1 + k_2)}{m}}$ หรือ $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{(k_1 + k_2)}{m}}$

รูปที่ 3 การเคลื่อนที่ซิมเปิลฮาร์โมนิกแบบต่าง ๆ แสดงวิธีการหาความถี่ที่ได้จากแต่ละแบบ

4. พลังงานของการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก

พิจารณาการเคลื่อนที่ของสปริงดังรูปที่ 4 ถ้า



พื้นไม่มีความเสียดทาน การสั่นของมวลที่ติดสปริงถือได้ว่าไม่มีการสูญเสียพลังงาน ดังนั้นเราสามารถเขียนความสัมพันธ์ได้ว่า

$$E = E_k + E_p$$

โดยที่ $E_k =$ พลังงานจลน์

$E_p =$ พลังงานศักย์

หาพลังงานจลน์

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 \quad \dots(1)$$

ถ้าแทน $v = -A\omega \sin \omega t$ ซึ่งเป็นอัตราเร็วขณะใดๆ จากรายละเอียดในรูปที่ 2 แทนในสมการที่(1)จะได้

$$E_k = \frac{1}{2}mA^2\omega^2 \sin^2 \omega t \quad \dots(2)$$

หาพลังงานศักย์ พลังงานศักย์ของสปริง

$$E_p = \frac{1}{2}kx^2 \quad \dots(3)$$

ถ้าแทน $x = A \cos \omega t$ ซึ่งเป็นการกระจัดขณะใดๆ จากรายละเอียดในรูปที่ 2 แทนในสมการที่(3)จะได้

$$E_p = \frac{1}{2}kA^2 \cos^2 \omega t \quad \dots(4)$$

แทน (3) และ (2) ใน สมการพลังงานรวมได้

$$E = \frac{1}{2}mA^2\omega^2 \sin^2 \omega t + \frac{1}{2}kA^2 \cos^2 \omega t \quad \dots(5)$$

แต่เนื่องจาก $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$ ดังนั้น $\omega^2 = \frac{k}{m}$ แทนค่าใน

สมการที่(5)

$$E = \frac{1}{2}kA^2 \sin^2 \omega t + \frac{1}{2}kA^2 \cos^2 \omega t$$

$$= \frac{1}{2}kA^2 (\sin^2 \omega t + \cos^2 \omega t)$$

$$E = \frac{1}{2}kA^2 \quad \dots(6)$$

สมการที่(6) คือสมการพลังงานรวมของการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก จะมีค่าแปรผันตรงกับแอม-พลิจูดยกกำลังสอง พิจารณาสมการที่(6)จะได้ความจริงว่า พลังงานรวมของระบบก็คือพลังงานศักย์ยืดหยุ่นสูงสุดที่สะสมในสปริง (ตอนที่ การกระจัดมีค่า = แอมพลิจูด) ในทำนองกลับกัน จากสมการที่(6) เขียนใหม่ โดยแทน $k = m\omega^2$ จะได้

$$E = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \quad \dots(7)$$

แต่จากรายละเอียดในรูปที่ 2 $v_{\max} = \omega A$ แทนใน(7)

$$E = \frac{1}{2}m(v_{\max})^2 \quad \dots(8)$$

พลังงานรวมของระบบ ก็คือพลังงานจลน์สูงสุด ในระบบสปริง (ตอนที่อยู่ที่จุดสมดุล การกระจัด = 0, อัตราเร็วสูงสุด)

ถึงตรงนี้สรุปได้ว่าพลังงานรวมของระบบมีค่า

$$E = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}m(v_{\max})^2 \quad \dots(9)$$

เราอาจหาอัตราเร็วในขณะที่มีมวล m มีค่าการกระจัดใด ๆ (x) จากพลังงานรวมของระบบได้โดยง่ายดังนี้

$$E = E_k + E_p = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}kA^2$$

จากสองเทอมท้าย ย้ายข้างหา v ขณะใด ๆ ได้เป็น

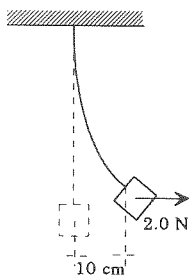
$$v = \pm \sqrt{\frac{k}{m}(A^2 - x^2)} = \pm \omega \sqrt{A^2 - x^2} \quad \dots(10)$$

จะได้ผลเหมือนกับการพิจารณาจากการเคลื่อนที่เป็นวงกลมดังรายละเอียดในรูปที่ 2

5. ลักษณะโทย์แบบต่างๆของการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิกส์

จะขอยกตัวอย่าง การคำนวณบางแง่มุมของซิมเปิลฮาร์โมนิกส์ มาให้ดูพอเป็นที่เข้าใจดังนี้

ตัวอย่างที่ 1 เมื่อออกแรง 2.0 นิวตันดึงปลายแผ่นสปริงของเครื่องชั่งมวล ปลายแผ่นสปริงเบนไปจากตำแหน่งสมดุล 10 เซนติเมตร ดังรูป ที่ปลายแผ่น



สปริงติดมวล 0.3 กิโลกรัม ถัดมาให้ปลายสปริง เบนไปจากตำแหน่งสมดุล 15 เซนติเมตร แล้วปล่อยมือ จงคำนวณหา

- คาบของการสั่นของมวล
- อัตราเร็วสูงสุดของมวล
- อัตราเร่งสูงสุดของมวล

วิธีทำ

หาค่าคงที่ของแผ่นสปริง (k)

จากตอนแรกที่โทย์บอกออกแรง 2.0 นิวตันดึงปลายแผ่นสปริงปลายแผ่นสปริงเบนไป 10 ซม. เราสามารถหาค่า k ได้

$$k = \frac{F}{x} = \frac{2.0}{0.1} \frac{N}{m} = 20 \frac{N}{m}$$

ก. หาคาบของการสั่นของมวล(T)

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad \text{ดังนั้น} \quad \frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

แทนค่า $k = 20 \frac{N}{m}$ และ $m = 0.3 \text{ kg}$ จะได้

$$\omega = \sqrt{\frac{20}{0.3}} = 8.165 \text{ rad/s}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{0.3}{20}} = 0.77 \text{ s}$$

ข. ห้ออัตราเร็วสูงสุดของมวล($v_{\max}$)

$$v_{\max} = A\omega$$

A คือ แอมพลิจูด = 0.15 m แทนค่าได้

$$v_{\max} = 0.15(8.165) = 1.22 \text{ m/s}$$

ค. ห้ออัตราเร่งสูงสุดของมวล($a_{\max}$)

$$a_{\max} = A\omega^2$$

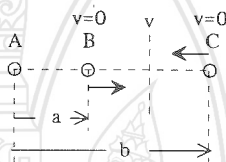
แทนค่าได้

$$a_{\max} = 0.15(8.165)^2 = 10.0 \text{ m/s}^2$$

อัตราเร่งสูงสุดของมวล = 10.0 m/s²

ตัวอย่างที่ 2 A B และ C เป็นจุดบนเส้นตรงเส้นหนึ่ง อนุภาคหนึ่งเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก ที่ตำแหน่ง B และ C อนุภาคจะอยู่นิ่งโดยจุด B และ C อยู่ห่างจาก A เป็นระยะ a และ b ตามลำดับ ที่จุดกึ่งกลางของ B และ C อนุภาคมีอัตราเร็ว v จงแสดงให้เห็นว่า คาบของการเคลื่อนที่มีค่าเท่ากับ $\pi(b-a)/v$

วิธีทำ



โทย์กำหนดที่ตำแหน่ง B และ C อนุภาคจะอยู่นิ่ง แสดงว่าการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิกมี B และ C เป็นจุดปลายจุดกึ่งกลาง

ระหว่าง B และ C จะเป็นแอมพลิจูด อัตราเร็วที่จุดกึ่งกลางเป็นอัตราเร็วสูงสุดซึ่งโทย์กำหนดให้เป็น v

จากรูปจะได้ว่า $A = \frac{b-a}{2}$ โดย A คือ แอมพลิจูด

$$\text{เนื่องจาก } v_{\max} = A\omega$$

$$\text{ดังนั้น } v = A\omega$$

$$\text{แทนค่า A ได้ } v = \frac{b-a}{2}\omega$$

$$\text{เขียนใหม่ได้ } \omega = \frac{2}{b-a} v$$

$$2\pi/T = \frac{2}{b-a} v$$

$$T = \pi(b-a)/v$$

ดังนั้นคาบของการเคลื่อนที่มีค่าเท่ากับ $\pi(b-a)/v$

ตัวอย่างที่ 3 แขนมวลสปริงให้ปลายบนติดแน่นกับจุดคงที่ ปลายล่างมีมวล 4.0 กิโลกรัมแขวนอยู่ แล้วปล่อยให้สั่นขึ้นลงในแนวตั้ง ปรากฏว่าวัดคาบการสั่นได้ 2.0 วินาที ถ้านำมวล 2.0 กิโลกรัมมาแขวนมวล 4.0 กิโลกรัม จะสั่นขึ้นลงด้วยความถี่เท่าไร

วิธีทำ



ลักษณะนี้ สปริงตัวเดียวกันแขวนด้วยมวลแตกต่างกัน

ตอนแรกเราจะได้สมการความถี่สปริงเป็น

$$f_1 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m_1}} \quad \dots(1)$$

ตอนสองเราจะได้สมการความถี่สปริงเป็น

$$f_2 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m_2}} \quad \dots(2)$$

(1)/(2) ได้

$$\frac{f_1}{f_2} = \sqrt{\frac{m_2}{m_1}}$$

$$f_2 = \sqrt{\frac{m_1}{m_2}} f_1$$

แทนค่า $m_1 = 4 \text{ kg}$ $m_2 = 2 \text{ kg}$ และ $f_1 = 1/2.0 \text{ Hz}$ จะได้

$$f_2 = \sqrt{\frac{4.0}{2.0}} \left(\frac{1}{2.0}\right) = 0.71 \text{ Hz}$$

เมื่อนำมวล 2.0 กิโลกรัมมาแขวนแทนมวล 4.0 กิโลกรัมแล้วปล่อยให้สั่นลงจะสั่นด้วยความถี่ $= 0.71 \text{ Hz}$

ตัวอย่างที่ 4 ถ้าต้องการจะทำลูกตุ้มนาฬิกาจากวัตถุมวล 500 กรัม และเชือกที่เบามากโดยให้ลูกตุ้มนี้แกว่งครบครึ่งรอบในเวลา 1 วินาทีพอดี ลูกตุ้มนาฬิกาจะต้องมีความยาวเท่าใด

วิธีทำ สมการความถี่ของตุ้มนาฬิกา ไม่ได้ขึ้นกับมวลของตุ้มนาฬิกา แต่ขึ้นกับความยาวและความสัมพันธ์

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}$$

$$\text{หรือ } T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad \dots\dots(1)$$

$$\text{หรือ } l = \frac{T^2}{4\pi^2} g \quad \dots\dots(2)$$

โจทย์กำหนดให้ลูกตุ้มนี้แกว่งครบครึ่งรอบ ในเวลา

1 วินาที หมายความว่าถ้าแกว่งหนึ่งรอบต้องใช้เวลา 2 วินาที

หรือ คาบ (T) มีค่า 2 วินาที ถ้าแทนค่า $g = 10 \text{ m/s}^2$ ลง

ใน (2) จะได้

$$\text{จะได้ } l = 1.01 \text{ m}$$

ต้องใช้ลูกตุ้มนาฬิกาที่มีความยาวประมาณ 1 เมตร

6. โจทย์แบบฝึกหัด

1. ผูกปลายเชือกเส้นหนึ่งเข้ากับหมุดปลายข้างหนึ่งแขวนลูกตุ้มมวล 100 กรัม ความยาวเชือก 2.0 เมตรเคลื่อนที่ครบรอบใช้เวลา 2.8 วินาที ถ้าเปลี่ยนลูกตุ้มเป็นมวล 200 กรัม ความยาวเชือก 1.0 เมตรคาบการแกว่งจะเป็นเท่าใด

2. วัตถุทรงกระบอกตันยาว 2 เมตร มวล 0.05 กิโลกรัม มีรัศมี 3.2×10^{-3} เมตร ลอยอยู่ในน้ำ เมื่อกดวัตถุให้จมลงไปเล็กน้อยในแนวตั้ง แล้วปล่อยมือ คาบการสั่นของวัตถุมีค่ากี่วินาที

3. วัตถุชิ้นหนึ่งเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิกด้วยแอมพลิจูด 15 เซนติเมตร และความถี่ 4 รอบต่อวินาที จงคำนวณหาอัตราเร็วสูงสุด และอัตราเร่งสูงสุดของวัตถุนี้

4. ล้อวงกลมอันหนึ่งมีรัศมี 0.3 เมตร ที่ขอบล้อติดวัตถุไว้ก่อนหนึ่ง ล้อหมุนด้วยความถี่ 0.5 รอบ/วินาทีรอบแกนหมุนในแนวแกนซึ่งอยู่กับที่ขณะนั้นมีแสงแดด ตกตั้งฉากกับพื้นโลก ทำให้เงาของวัตถุเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก

ก. คาบของการเคลื่อนที่ของเงามีค่าเท่าใด

ข. ความถี่ของการเคลื่อนที่ของเงามีค่าเท่าใด

ค. แอมพลิจูดของการเคลื่อนที่ของเงามีค่าเท่าใด

ง. จงเขียนสมการแสดงการกระจัดในการเคลื่อนที่กับ

ฟังก์ชันของเวลา กำหนดให้มุมเฟสเริ่มต้นเป็นศูนย์

5. อนุภาคหนึ่งเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก โดยใช้เวลา 2 วินาที ในการเคลื่อนที่ผ่านจุด P ไป Q ซึ่งอยู่ห่างกัน 22.0 เซนติเมตร ขณะผ่าน P และ Q อนุภาคมีอัตราเร็วเท่ากัน อีก 2 วินาทีต่อมาวัตถุเคลื่อนที่ กลับมาที่ Q จงหาคาบและแอมพลิจูดของการเคลื่อนที่

6. อนุภาคหนึ่งเคลื่อนที่ในแนววงกลมในระนาบระดับเคลื่อนที่ได้ 10 รอบ ใช้เวลา 3 วินาที เงาของอนุภาคเคลื่อนที่เป็นซิมเปิลฮาร์โมนิก มีแอมพลิจูด 8.0 เซนติเมตร ณ ตำแหน่งที่เงาของอนุภาคมี อัตราเร็วสูงสุดมีขนาดของการกระจัดเท่าใด ในหน่วยเมตรและอัตราเร็วสูงสุดมีค่าเท่าใด ในหน่วยเมตร/วินาที



คอลัมน์นี้มีรางวัล



คอลัมน์นี้มีรางวัล

นาย TONY

สวัสดีครับ

เป็นยังกันบ้างครับท่านผู้อ่าน ปีใหม่นี้ได้เฉลิมฉลองที่ไหนกัน เพื่อต้อนรับปี
หนูทอง แต่ก็อย่าหักโหมกันมากนักนะครับ รักษาสุขภาพกันไว้บ้าง ผม...นาย Tony เป็นห่วง
เป็นห่วงทุกท่าน (กลัวไม่มีใครอ่านวารสารฯ ของเรา)

คำถามเมื่อฉบับที่แล้ว ขอให้ส่งคำตอบภายใน 30 พ.ค. 39 นะครับ ลืมแจ้งให้ทราบ
เป็นเพราะวารสารฯ ของเราก่อล่าช้ากว่ากำหนดไปเล็กน้อย แล้วจะเฉลยให้ทราบในฉบับถัดไป
นะขอรับ

ส่วนฉบับนี้ ขอเน้นวิชาการเพิ่มอีกสักนิด...เข้มข้นอีกหน่อย แทนคำถามกวน (เห่า) ดังนี้

- ข้อ 1. บรรยายกาศของโลกเรา มีก๊าซอะไรมากที่สุด
- ข้อ 2. เมื่อน้ำสบู่ไปละลายน้ำ สารละลายจะมีฤทธิ์เป็นอะไร
- ข้อ 3. ในการผลิตพลาสติก พีวีซี ใช้ก๊าซอะไรในกระบวนการผลิต

คำถามคงจะไม่ยากเกินไป รีบส่งคำตอบภายในวันที่ 30 มิถุนายน 2539 ตามที่อยู่ข้าง
ล่างนี้

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

นาย TONY

กองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์ มข.

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40002

(วงเล็บว่าคอลัมน์นี้มีรางวัล)

ขอให้หน้าร้อนปีนี้ เล่นสงกรานต์อย่างมีความสุข...

พบกันใหม่ฉบับต่อไปครับ

นาย TONY

เชิญร่วมงานสัปดาห์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ

ณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ระหว่างวันที่ 18-20 สิงหาคม 2539

<<<<>>>>

ในงานประกอบด้วยกิจกรรมต่าง ๆ ดังนี้

1. การถวายพานพุ่มราชสักการะพระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว ในวันที่ 18 สิงหาคม 2539
2. นิทรรศการทางวิชาการ
3. การประกวดโครงงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ระดับมัธยมศึกษาต้นและปลาย
4. การแข่งขันตอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ระดับมัธยมศึกษาปลาย
5. การประกวดวาดภาพระดับมัธยมศึกษาต้น
6. การแข่งขันทักษะทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาปลาย
7. สาธิตการผลิตสื่อการเรียนหรือการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน



ข้อแนะนำในการเขียนบทความลงวารสาร วิทยาศาสตร์ มข.

ประเภทของเรื่องที่จะตีพิมพ์

1. รายงานผลวิจัยและค้นคว้าหรือการสำรวจที่ยังไม่เคยตีพิมพ์ในวารสารหรือหนังสืออื่นมาก่อน
2. บทความปริทัศน์ ได้แก่งานเขียนที่รวบรวมหรือเรียบเรียงจากเอกสารหรือหนังสือต่าง ๆ เพื่อเผยแพร่และฟื้นฟูงานด้านวิชาการระดับต่าง ๆ
3. บทความแสดงข้อคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในด้านวิชาการ เรื่องแปล ข่าววิชาการย่อความจากงานวิจัยหรือหนังสือใหม่ที่น่าสนใจ

รูปแบบของการเขียนและการเตรียมต้นฉบับ

1. ต้นฉบับ ต้องเป็นต้นฉบับปกติ มีช่วงห่างระยะบรรทัดตามมาตรฐาน พิมพ์ลงในกระดาษขาว A4 (โรเนียวสัน) โดยใช้กระดาษหน้าเดียว ความยาวไม่เกิน 10 หน้า ส่งต้นฉบับ 2 ชุด หรือต้นฉบับพิมพ์ 1 ชุด และ Diskette ของบทความนั้น
2. ต้นฉบับ จะถูกพิจารณาโดยกองบรรณาธิการ และจะตอบรับการได้รับบทความโดยไม่ส่งต้นฉบับคืน ผู้เขียนควรจะทำสำเนาเก็บไว้เป็นหลักฐานของตัวเอง 1 ฉบับ
3. ต้นฉบับ จะต้องมีความถูกต้องทั้งในด้านเนื้อหา และการใช้ภาษา รวมทั้งมีความสมบูรณ์ในรูปแบบพร้อมที่จะนำลงตีพิมพ์ได้
4. ชื่อเรื่อง ให้ใช้ภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ ไม่ยาวเกินไป และหลีกเลี่ยงการใช้คำย่อโดยไม่จำเป็น
5. ชื่อผู้เขียน เขียนชื่อภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษพร้อมทั้งบอกสถานที่ทำงานให้ชัดเจน
6. เนื้อเรื่อง ใช้ได้ทั้งภาษาไทยล้วนหรือภาษาอังกฤษล้วน ถ้าใช้ภาษาไทย ภาษาอังกฤษที่ใช้ปนกับภาษาไทยนั้นให้พยายามแปลเป็นไทยเท่าที่จะทำได้และให้เขียนคำเต็มกำกับในวงเล็บ 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

เรื่องที่ได้รับการตีพิมพ์ ผู้เขียนจะได้รับวารสารฉบับนั้น 2 เล่ม และสำเนาพิมพ์อีก 15 ชุด

การเขียนเอกสารอ้างอิงในวารสารวิทยาศาสตร์ มข.

การเขียนเอกสารอ้างอิงในเนื้อหา นั้น 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

ใบส่งลงโฆษณา ในวารสารวิทยาศาสตร์ มข.

เขียนที่.....

วันที่.....

เรียน บรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์ มข.

ข้าพเจ้า.....เป็นตัวแทนของ (บริษัท, ห้างร้าน,
องค์การ).....ที่อยู่.....

.....โทรศัพท์.....โทรสาร.....

มีความประสงค์จะลงโฆษณาในวารสารวิทยาศาสตร์ มข. ดังรายการต่อไปนี้

- | | | |
|---------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| ☐ ปกหลังด้านใน | ☐ เต็มหน้า | ☐ ครึ่งหน้า |
| ☐ ในฉบับ | ☐ เต็มหน้า | ☐ ครึ่งหน้า |

โดยข้าพเจ้าขอให้ลงโฆษณา จำนวน.....ฉบับ นับตั้งแต่ฉบับแรก
ที่จะพิมพ์ในครั้งต่อไปหลังจากที่ท่านได้รับหนังสือนี้แล้ว

พร้อมกับจดหมายฉบับนี้ข้าพเจ้าได้ส่งต้นฉบับเพื่อลงโฆษณาและเงินค่าโฆษณา
จำนวน.....บาท (.....)

เป็น ☐ ธนาณัติ หรือ ☐ เช็คไปรษณีย์ ในนามของนางบุญคุ้ม เหลือล้น

ส่งจ่าย ป.ท. มหาวิทยาลัยขอนแก่น

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 จะตีพิมพ์ลงในฉบับแทน
ในวงเงินเท่ากัน

