ISSN 0125-2364

วารสารวิทยาศาสตร์ มข.

THE JOURNAL OF SCIENCE KHON KAEN UNIVERSITY

ปีที่ 11 ฉบับที่ 2 เมษายน-มิถุนายน 2526

คอมพิวเตอร์: อุปกรณ์ช่วยสอนยุคใหม่

ISSN 0125-2364

วารสาร วิทยาศาสตร์ มข.

THE JOURNAL OF SCIENCE KHON KAEN UNIVERSITY

วัตถุประสงค์

- เพื่อส่งเสริมและเผยแพร่วิทยาการในสาขาวิชาต่างๆ ทางด้านวิทยาศาสตร์
- เพื่อเผยแพร่ผลงานด้านการวิจัย และการศึกษาค้นคว้าของอาจารย์และนักศึกษา
- เพื่อเป็นสื่อกลางการแลกเปลี่ยนความรู้ และแนวความคิดทางวิชาการระหว่างอาจารย์ นักศึกษาและผู้สนใจ ทั้งภายในและภายนอกสถาบัน

เจ้าของ คณะวิทยาศาสตร์

สำนักงาน ตึก ๓ ห้องสมุด
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

กำหนดออก ปีละ ๔ ฉบับ
ม.ค. - มี.ค.
เม.ย. - มิ.ย.
ก.ค. - ก.ย.
ต.ค. - ธ.ค.

ค่าบำรุง ปีละ ๓๐ บาท

การบอกรับเป็นสมาชิก
แจ้งความจำนงเป็นจดหมาย หรือกรอกใบสมัครเป็นสมาชิก พร้อมส่งค่าบำรุงเป็นธนาณัติหรือเช็คไปรษณีย์ ในนามของนางบุญคุ้ม เหลือล้น ฝ่ายจัดการ สั่งจ่าย ป.ห.มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ข้อแนะนำในการเขียนบทความลงวารสาร "วิทยาศาสตร์"

ประเภทของเรื่องที่จะตีพิมพ์ควรมีลักษณะเป็นบทความทางวิชาการหรือสรุปรายงานผลวิจัย ต้นฉบับควรเป็นภาษาไทยและเป็นตัวพิมพ์ดีด ชื่อเรื่องควรสั้นและได้ใจความตรงกับเนื้อเรื่อง การเขียนให้ใช้ภาษาง่ายๆ ศัพย์ภาษาอังกฤษที่ใช้ปนกับภาษาไทยให้พยายามแปลเป็นภาษาไทยเท่าที่จะทำได้ ถ้าไม่สามารถแปลได้ให้ทับศัพย์ และเขียนคำเดิมกำกับไว้ในวงเล็บด้วย

ผลงานวิจัยควรมีบทคัดย่อทั้งภาษาไทย และอังกฤษ เนื้อหาของเรื่องแบ่งเป็นบทนำ วิธีดำเนินงาน ผลการวิเคราะห์ บทสรุปและวิจารณ์

การอ้างอิงเอกสารในบทความทำได้ ๒ แบบ โดยการใส่หมายเลขเอกสารอ้างอิง หรือใส่ชื่อผู้แต่งพร้อมทั้งปีที่พิมพ์ไว้ในเครื่องหมายวงเล็บ

การจัดเรียงรายชื่อเอกสารอ้างอิงในตอนท้ายของบทความอาจเรียงตามลำดับหมายเลขหรือตามลำดับอักษร ถ้าเรียงตามลำดับอักษรให้เรียงรายชื่อผู้แต่งภาษาไทยก่อนแล้วจึงเรียงลำดับผู้แต่งที่เป็นภาษาอังกฤษ ชื่อผู้แต่งภาษาไทยให้ขึ้นต้นด้วยชื่อตัว ชื่อผู้แต่งภาษาอังกฤษให้ขึ้นต้นด้วยชื่อสกุล การเขียนเอกสารอ้างอิง ถ้าเป็นหนังสือให้ใส่ชื่อผู้แต่ง ชื่อหนังสือ ชื่อสำนักพิมพ์ สถานที่พิมพ์ ครั้งที่พิมพ์ ปีที่พิมพ์ และหน้าที่ใช้อ้างอิง ถ้าอ้างอิงวารสารให้เขียนชื่อผู้แต่ง ชื่อหัวข้อเรื่อง ชื่อวารสาร หมายเลขปีและเล่ม หน้าที่ใช้อ้างอิงและปีที่พิมพ์

ปีที่ 11 ฉบับที่ 2 เมษายน-มิถุนายน 2526

บรรณาธิการแถลง

ท่านสมาชิกและท่านผู้อ่านที่รัก วารสารวิทยาศาสนร์ มข. ปีที่ 11 ฉบับที่ 2 ที่ท่านกำลังอ่านอยู่ในขณะนี้เริ่มมีรูปแบบที่แปลกใหม่ เริ่มด้วยบทความพิเศษ เรื่อง การสร้างกล้องดาราทัศน์ด้วยตนเอง หากจะให้ชื่อคอลัมน์ใหม่ในวารสารของเราก็ควรจะ เป็น "การสร้างเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ หรือ Science Invention" บทความพิเศษที่เราได้รับจาก ดร.พ.ท.สามารถ อังศุสิงห์ นั้นเป็นบทความยาว 5 ตอนจบ ก็หวังเป็นอย่างยิ่งว่าท่านผู้อ่านคงจะได้อ่านจนจุใจ บทความอื่น ๆ อันได้แก่ การใช้ไมโครคอมพิวเตอร์เป็นอุปกรณ์ช่วยสอนวิทยาศาสตร์ ในระดับอุดมศึกษา ลูกแป้ง-แหล่งเก็บเชื้อจุลินทรีย์เทอราโตเจน: สารก่อความพิการแก่ทารกที่นักเคมีควรรู้จัก ผู้หญิงกับอัลกอฮอล์ การแก้ปัญหาลายแทงทองคำด้วยคณิตศาสตร์ เทคโนโลยีของการแยกสาร โดยวิธีโครมาโตกราฟฟี และกาซเรดอนอันตรายเบื้องต้นจากแร่ยูเรเนียม ล้วนเป็นบทความทางวิทยาศาสตร์ที่น่าติดตามทั้งสิ้น บทความต่าง ๆ ได้ให้แนวความคิด พร้อมทั้งตั้งคำถามเพื่อให้ผู้อ่านค้นหาคำตอบเอาเอง สำหรับบทความวิจัยที่ได้ลงตีพิมพ์ในวารสารเล่มนี้ก็เป็นข้อมูลที่น่าสนใจอย่างยิ่ง เพราะข้อมูลที่ได้เสนอนั้นเป็นข้อมูลเกี่ยวกับปากท้อง ของ พวกเราเอง

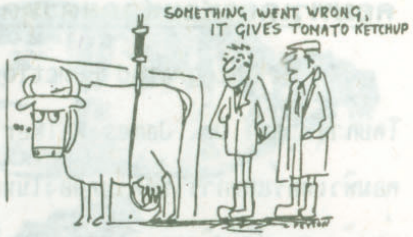
ในนามของคณะกรรมการจัดทำวารสารวิทยาศาสตร์ มข. หวังเป็นอย่างยิ่งว่า บทความทางวิทยาศาสตร์ ข่าววิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เกร็ดความรู้ พร้อมทั้งผลงานการวิจัยที่ได้รับ พิจารณาลงในวารสาร ฉบับนี้และฉบับต่อไป คงจะเกิดประโยชน์แก่ท่านผู้อ่านบ้างไม่มากก็น้อย

พบกันใหม่ฉบับหน้า

สุภาพ ณ นคร

ข่าววิทยาศาสตร์ และ เทคโนโลยี

สำเร็จแล้ว! ผสมพันธุ์ระหว่างสัตว์และพืช



Barry MacDonald และ William Wimpey แห่งภาควิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัย Hamburgประเทศเยอรมันตะวันตก ได้เผยแพร่ความสำเร็จของการวิจัยการ พยายามผสมพันธุ์ระหว่างพืชและสัตว์ ของเขาลงในวารสารThe Phyrologist (1983, Vol 1, p.4)

เทคนิคของการผสมพันธุ์ระหว่างพืชและสัตว์ดังกล่าวนี้ นอกเหนือไปจากการใช้ polyethylene glycol เพื่อเชื่อมผนังเซลให้ติดกันอย่างที่กระทำกันโดยทั่วไปสำหรับการผสมพันธุ์ระหว่างพืชกับพืช และสัตว์กับสัตว์ด้วยกันแล้ว ยังต้องอาศัยการกระตุ้นเซลด้วยความร้อนอีกด้วย ทำได้โดยการจุ่ม electrode ลงในตัวกลางเลี้ยงเซล และปล่อยกระแสลงไปเพียงช่วงเวลาเป็น nanoseconds เท่านั้น ก็จะพบว่าเซลคนละชนิด 2 เซลนั้นเชื่อมติดต่อกันเป็นคู่ ๆ แต่มีข้อแม้ว่า electrodes นั้นจุ่มอยู่ในสารละลายเป็นเวลานานพอ และมีการควบคุมอุณหภูมิให้มากกว่า 200 เซลเซียส จากนั้นนำเซลคู่ที่เชื่อมติดกันแล้วนี้ไปใส่ในสารอาหาร (nutrient agar) และอบในตู้อบอุณหภูมิ 40 c อีกไม่กี่ชั่วโมงต่อมาก็จะสามารถสังเกตเห็นการเติบโตของ เซลคู่นั้นได้

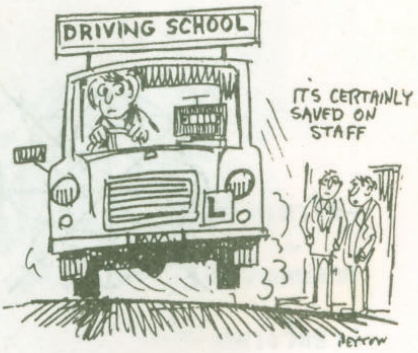
การทดลองของ MacDonald และ Wimpey ใช้เซลของ Lycopersicon esculentum และเซลของ Bos taurus ได้ผลออกมาเป็น ผลมะเขือเทศมีเปลือกคล้ายหนังสัตว์ ต้นมีใบปกติ ดอกจะกระจายเรณูเกสรโดยวิธีอาศัยตัวเหลือม(horseflies) เป็นพาหะเท่านั้น หลังจากปฏิสนธิแล้ว ดอกจะให้กลุ่มของอวัยวะที่มีลักษณะคล้ายจาน และถ้าศึกษาอวัยวะส่วนนี้ใต้กล้องจุลทรรศน์ก็จะพบว่าโครงสร้างชั้นโปรตีน ของ สัตว์ถูกประกบ 2 ข้างด้วยเยื่อบาง ๆ ของมะเขือเทศ

(New Seicntist, 31 March. 1983, p.888)

ญี่ปุ่นคิดค้นหุ่นยนต์กล้าตาย

รัฐบาลญี่ปุ่นกำลังเริ่มโครงการสร้างหุ่นยนต์กล้าตาย

ไว้ใช้ในงานเสี่ยงภัยต่าง ๆ เช่น โรงปฏิกรปรมาณู เป็นต้น กระทรวงอุตสาหกรรมและพาณิชย์ระหว่างประเทศ (MITI) ให้ทุนสำหรับเริ่มโครงการนี้เป็นเงินถึง 140,000 ปอนด์โดยเริ่มโครงการตั้งแต่เดือนเมษายนที่ผ่านมานี้เอง จะทำเป็นการเป็นโครงการร่วมระหว่างรัฐบาล มหาวิทยาลัย สถาบันวิจัย และสถาบันเอกชนต่าง ๆ และดูเหมือนสมาคมการค้าระหว่างประเทศจะพึงพอใจกับข่าวของโครงการนี้มากทีเดียว



(New Scientist, 31 March 1983, p. 892)

คอมพิวเตอร์ช่วยชีวิตสัตว์ทดลอง

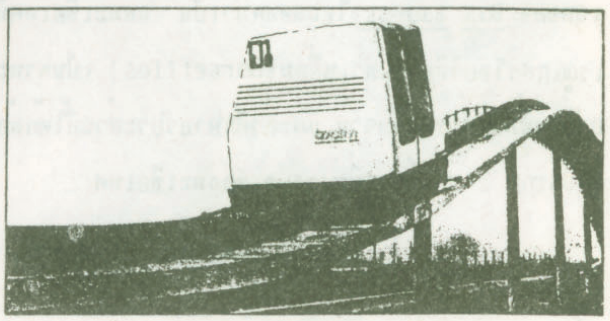
Integrated Fumctional Laboratory แห่งมหาวิทยาลัยเท็กซัส ณ เมือง Galveston โดยการนำของ Dr. James Walker ผู้ช่วยผู้อำนวยการห้องปฏิบัติการ กำลังพยายามคิดหาทางใช้เครื่องคอมพิวเตอร์แทนการใช้สัตว์ทดลองในห้องปฏิบัติการให้สำเร็จ โดยมีความคิดว่าระบบการทำงานของอวัยวะส่วนต่าง ๆ ของสัตว์ชนิดต่าง ๆ สามารถเขียนให้อยู่ในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์ แล้วป้อนเป็นโปรแกรมเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องคอมพิวเตอร์จะแก้สมการเหล่านี้ออกมา

Dr. James Walker กำลังทดลองกับระบบหายใจ ประสาท ไต ตับ และอื่น ๆ อีก เขาคาดว่าถ้าการทดลองของเขาเป็นผลสำเร็จจะสามารถลดต้นทุนการซื้อสัตว์ การหาอาหาร และการจัดระบบนิเวศของสัตว์ทดลองได้อย่างมาก และยังเป็นการประหยัดเวลา ที่สำคัญที่สุดก็คือ ช่วยบรรเทาความรู้สึกเป็นบาปของนักศึกษาต่อความจำเป็นที่จะต้องทำลายชีวิตสัตว์ทดลองเหล่านั้นอีกด้วย

(New Scientist, 31 March 1983, p.892)

"Maglev" รถด่วนมหัศจรรย์

"Maglev" รถไฟซึ่งมีความเร็ว 400 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จะวิ่งระหว่างเมือง Frankfurt และกรุง Paris จากการศึกษาของกระทรวงคมนาคม ของ ประเทศเยอรมัน - ตะวันตก



"Maglev" จะแบ่งเบาภาระการขนส่งของรถไฟธรรมดาถึง 61% และจะทำให้คนประมาณ 700,000 คน หยุดใช้รถส่วนตัว และอีก 1,000,000 คน หันมาใช้บริการของ "Maglev"แทนการบิน

คาดกันว่าจะมีการเริ่มใช้ "Maglev" ในปี 1990 ทั้งในยุโรป อเมริกา และแคนาดา ประเทศเยอรมันตะวันตก จะเริ่มทดลองใช้ "Maglev" เป็นครั้งแรกในฤดูร้อนนี้ ในการทดลองครั้งนี้ "Maglev" จะวิ่งบนรางสูงถึง 20 เมตร ในเมือง Emsland ใกล้ชายแดนติดต่อกับประเทศเนเธอร์แลนด์

(New Scientist., 5 May, 1983, p. 293).

"ปลวก" ต้นเหตุหนึ่งของมลภาวะ!

ท่านเชื่อหรือไม่ว่า ปัจจุบันปลวกมีจำนวนมากมายถึงขนาดประมาณกันว่า ถ้าแบ่งปริมาณปลวกให้เท่า ๆ กัน สำหรับคนทุกคนในโลก ก็จะได้รับปลวกกันประมาณคนละ 3/4 ตัน

ความเข้าใจของนักวิทยาศาสตร์ที่ว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศปัจจุบัน ส่วนใหญ่ได้มาจากการเผาผลาญเชื้อเพลิง เมื่อนักวิจัยชาติต่าง ๆ ได้ร่วมกันวิจัยและค้นพบว่า ปลวกสามารถผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้มากกว่าสองเท่าของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาผลาญ เชื้อเพลิง ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากปลวกนี้เป็นผลจากการย่อยอาหารจำพวก พืชและมีปริมาณเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ อย่างมีนัยสำคัญ อันเนื่องมาจากการตัดไม้ทำลายป่าซึ่งเป็นช่องทางที่ทำให้ปลวกมีอาหารอุดมสมบูรณ์ยิ่ง แต่อย่างไรก็ตามก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศจากการเผาผลาญเชื้อเพลิงนั้นเป็นต้นเหตุที่น่าหวั่นกลัวมากกว่าเพราะมีอัตราการเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ที่สูงมากกว่าต้นเหตุจากปลวกมาก

(Science Digest, Feb. 1983)

VDO จอยักษ์

บริษัท RANK ได้ผลิตเครื่องฉายวีดีโอสำหรับจอภาพขนาดกว้าง 8 เมตรได้แล้ว

หลังจากที่เครื่องฉายธรรมดาประสบกับปัญหาของระบบแสงไม่เพียงพอกับการฉายภาพลงบนจอราบและกว้าง บริษัท RANK ได้ผลิตเครื่องฉาย "RANK'S HI BEAM" ซึ่งประกอบด้วยเลนส์ 3 ตัว และหลอด Cathode ray ขนาด 15 เซนติเมตรอีก 3 ตัว มีประสิทธิภาพให้ภาพที่มีความส่องสว่างถึง 350 ลูเมนส์ และภาพก็ยังมีความคมชัดมากอย่างน่าประหลาดใจ

(New Scientist, 5 May 1983, p. 294).

อ่านอดีตกาลจากทรากบรรพชีวิน

ทฤษฎีของทวีปจร ที่พยายามอธิบายว่า ครั้งหนึ่งทวีปต่าง ๆในปัจจุบันเคยเชื่อมติดต่อกันเป็นทวีปใหญ่ทวีปเดียวนั้น ได้กลับมาเป็นที่กล่าวขวัญถึงอีกครั้งหนึ่ง เมื่อมีการค้นพบทรากบรรพชีวิน(fossils) ของ

สัตว์ทะเลประเภทไม่มีกระดูกสันหลังมากมายในประเทศเมกซิโก

ความคิดที่ว่า ทุกทวีปในโลกเคยติดต่อเป็นผืนเดียวกันหมดนั้นเริ่มแรกได้จากการศึกษาสนาม แม่-เหล็กโลกโบราณ (Paleomagnetism) ของพื้นมหาสมุทร การค้นพบทรากบรรพชีวินดังกล่าวจึงเป็นฉวรสนับ-สนุนทฤษฎีของทวีปจร

เมื่อเดือนมีนาคม ปีที่แล้ว Mark Me Menamin นักบรรพชีวินของมหาวิทยาลัยแคลิฟฟอร์เนีย เมืองซานตาบาบารา พร้อมกับทีมสำรวจ ได้สำรวจบริเวณทางตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศเมกซิโก ได้ค้นพบทรากเปลือกของสัตว์ทะเลไม่มีกระดูกสันหลังอายุ 550-600 ล้านปี ซึ่งนักธรณีวิทยาได้เคยค้นพบทรากลักษณะเดียวกันแล้วในหินอายุเดียวกันในแคนาดา จีน ไซบีเรีย จึงอาจกล่าวได้ว่า ทวีปอเมริกาเหนือ ไซบีเรียและจีนตอนใต้ ครั้งหนึ่งเคยเป็นผืนแผ่นดินเดียวกันมาก่อนหรืออาจเป็นแอ่งมหาสมุทรด้านหนึ่งของทวีปใหญ่

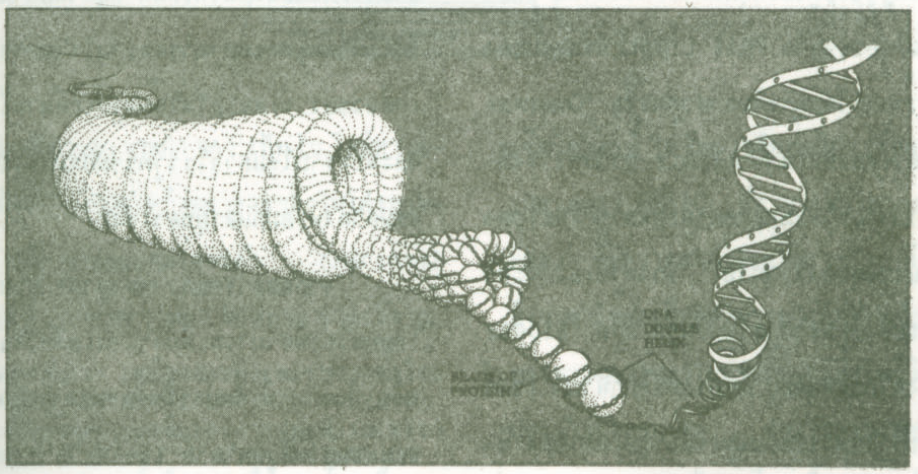
อีกกลุ่มหนึ่งของบรรพชีวิน เป็นสัตว์พวก Ediacaran faunaสัตว์ทะเลไม่มีกระดูกสันหลังเช่นกัน พบในทวีปออสเตรเลีย แอฟริกา อเมริกาใต้ ยุโรปตะวันออก และแอนตาร์คติค ซึ่ง McMenamin เชื่อว่ากลุ่มทวีปเหล่านี้ก็เคยติดต่อเป็นผืนเดียวกันมาก่อนเช่นกัน หรืออาจเป็นแอ่งมหาสมุทรอีกด้านหนึ่งของทวีปใหญ่เดียวกัน

McMenamin คิดว่าทวีปใหญ่หรือที่เขาเรียกว่า Proterozoic Pangaea กำเนิดมาตั้งแต่ 800 ล้านปีที่แล้ว ต่อมาอีก 200 ล้านปี ทวีปใหญ่นี้ก็เริ่มแตกแยกออกจากกัน แต่ก็เชื่อมกลับคืนหากันอีกครั้งหนึ่งเมื่อประมาณ 225 ล้านปีมาแล้ว และเรียกว่า Paleozoic Pangaea และแยกออกเป็นทวีปย่อยอีกครั้งหนึ่งทำให้เกิดมหาสมุทรแอตแลนติค นอกจากนี้ McMenamin ยังเน้นอีกว่า ทวีปอเมริกาเหนือกำลังเคลื่อนที่ออกจากทวีปยุโรปและทวีปแอฟริกาทุก ๆ วัน

(Science Digest - February 1983.)

เกร็ดความรู้

เกลียวชีวิตกับความแก่



ยีนส์ในร่างกายของมนุษย์ ก็เปรียบเสมือนลานของนาฬิกาที่กำลังคลายตัวออกพร้อมๆ กับนาฬิกาชีวิตที่มีอายุขึ้นทุกวินาที ข้อเปรียบเทียบนี้ก็คงไม่ผิดนัก เพราะว่าโครงสร้างของดีเอนเอ หรือ "เกลียวชีวิต" ที่ประกอบขึ้นมาเป็นยีนส์ในร่างกายมนุษย์จะขดตัวเองซ้อนกันอย่างหนาแน่นที่เรียกว่า "ซุปเปอร์เกลียว" (supercoiled) ไม่ใช่มีแต่เพียงเกลียวคู่(double helix)ขดรอบตัวเองเท่านั้น แต่มีการพิสูจน์ให้เห็นแล้วว่า เกลียวคู่ จะขดรอบตัวเองและในเวลาเดียวกันก็ม้วนตัวไปรอบ ๆโมเลกุลของโปรตีน เสมือนสายลูกประคำ สายลูกประคำนี้ก็จะพับรอบตัวเองอีกครั้ง เป็นดังนี้อยู่เสมอเรียกได้ว่าเป็น ซุปเปอร์-ซุปเปอร์เกลียว

การม้วนตัวจนแน่นเช่นนี้ คง เป็น ลักษณะ ทางธรรมชาติที่จะเก็บโครงสร้างดีเอนเอ ที่มีความยาวหลาย ๆ ฟุตเข้าไปอยู่ในนิวเคลียสของเซลล์ในร่างกายของมนุษย์ นอกจากจะไม่สิ้นเปลืองเนื้อที่แล้ว การม้วนตัวอย่างนี้ยังมีบทบาทสำคัญต่อหน้าที่ของดีเอนเอด้วย มีนักวิทยาศาสตร์ได้ตั้งทฤษฎีว่า การม้วนตัวเช่นนี้จะทำหน้าที่เสมือน "genetic switch" ทำการเปิดและปิด การแสดงออกของยีนส์ ปัญหาต่อไปคือ สวิทช์ประเภทนี้ทำงานอย่างไร

คำตอบก็คือ การม้วนตัวอย่างหนาแน่นเช่นนี้จะมีแรงกดดันบนเกลียวชีวิตซึ่งเป็นเกลียวคู่ ซึ่งจะสามารถผ่อนแรงกดดันได้จากการ คลาย เกลียว ออก ดังนั้นการที่เกลียวชีวิต แน่นหรือหลวมตรงตำแหน่งใดจะเป็นการเปิดโอกาสให้ตำแหน่งนั้นถูกเอนไซม์ย่อยสลายทำให้การแสดงออกของยีนส์บรรลุผลได้

นักวิทยาศาสตร์ ให้เหตุผลว่าถ้าการม้วนตัวเป็นเกลียวของดีเอนเอ จะเป็นตัวควบคุมการแสดง

ออกของยีนส์แล้ว การม้วนตัวเป็นเกลียวภายในเซลล์ต้องมีผลกระทบต่อสรีวิทยาของร่างกายอย่างแน่นอน อันที่จริงแล้วเพิ่งมีการค้นพบว่าเซลล์ที่เป็นมะเร็งจะมีการม้วนตัวของเกลียวชีวิต เป็นเกลียวแน่นมากและมีหลักฐานที่แสดงให้เห็นว่า เซลล์ ที่มีอายุมากจะมีการม้วนตัวอย่างหลวม ๆ

หลักฐานที่พิสูจน์เหตุผลดังกล่าวข้างต้น ได้มาจากผลงานวิจัยของนาย Phil Lipetzประธานของบริษัทค้นคว้าและวิจัยทางวิทยาศาสตร์ชื่อ "Omnimax ในมลรัฐฟิลาเดลเฟีย นาย Lipetz ทราบดีว่ารังสีเอ็กซ์ สามารถทำลายและคลายเกลียวซุปเปอร์ของดีเอนเอในเซลล์ของร่างกาย ร่างกายเองก็จะทำการซ่อมแซมสิ่งที่ถูกทำลายให้ดีขึ้นอีก นาย Lipetz และคณะจึงทำการทดสอบ วัด ประสิทธิภาพ ของ เซลล์เม็ดเลือดขาวในการซ่อมแซมเกลียวซุปเปอร์ของ ดีเอนเอ หลังจากการฉายรังสีเอ็กซ์ ผลปรากฏว่าความสามารถของเซลล์ในการซ่อมแซมเกลียวซุปเปอร์ของดีเอนเอ มีประสิทธิภาพต่ำลงในคนสูงอายุขึ้นไปแต่ละปี ในการทดสอบอีกอย่างหนึ่ง คือการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ได้ผลว่าจำนวนเกลียวของดีเอนเอน้อยลงตามอายุของเซลล์เนื้อเยื่อ

จากการวิจัยเหล่านี้นาย Lipetz สรุปว่าหลังจากที่ร่างกายมีอายุมากขึ้นความสามารถในหน้าที่ของระบบต่างๆในร่างกายเริ่ม เสื่อม สมรรถภาพ ลง เหตุนี้อาจเกี่ยวโยงกับการที่เกลียวซุเปอร์ของดีเอนเอ ลดจำนวนเกลียวลงหลัง จากที่ ร่างกาย ก็ ไม่สามารถจะซ่อมแซมได้เต็มที่ ปัญหาที่อยากทราบต่อไปคือร่างกายมีความสามารถอย่างไรในการรักษาระดับเกลียวของ ดีเอนเอไม่ให้คลายเกลียวเร็วจนเกินไปและจะทราบได้อย่างไรว่าความสามารถในการซ่อมแซมต่ำลงพร้อมกับอายุของเซลล์

จากผลการค้นคว้าครั้งล่าสุด นาย Lipetz ได้พบตัวยาที่สามารถเพิ่มจำนวนเกลียวในโครงสร้างหรือเป็นตัวยาที่เพิ่มประสิทธิภาพของเซลล์ ในการซ่อมแซมส่วนที่ถูกทำลาย เขาได้ทำการทดสอบกับสัตว์เซลล์เดียวแล้วได้ผลว่าสัตว์เซลล์เดียวมีอายุยาวกว่าปกติ ใครจะทราบบ้างว่าถ้านาย Lipetz ทดสอบตัวยาชนิดนี้ในมนุษย์ได้ผลเมื่อใด เราอาจจะซื้อหายานี้มาต่อชีวิตตัวเองบ้างก็ได้

(จาก Science Digest, April 1983, 85)

อันตรายของรังสีเอ็กซ์เรย์จากเครื่องเล่นวีดีโอ

เพื่อป้องกันอันตรายจากรังสีเอ็กซ์เรย์ที่พุ่งออกมาจากเครื่องทีวีสีและเครื่องมอร์นิเตอร์ของคอมพิวเตอร์เกม บริษัทแห่งหนึ่งในเมืองนิวยอร์คชื่อ Langley-St.Clair ได้ผลิตแผ่นตะกั่วบางๆเพื่อป้องกันรังสีเอ็กซ์เรย์จากจอทีวีหรือจอมอร์นิเตอร์ แผ่นตะกั่วบางๆนี้มีชื่อทางการค้าว่า I-Protect การทำงานของแผ่นตะกั่วก็มาจากอณูเล็กๆ ของสารตะกั่วที่ฝังลงในแผ่นตะกั่วซึ่งจะสกัดรังสีเอ็กซ์เรย์

แต่จะเป็นจริงหรือเปล่าที่มีรังสีเอ็กซ์เรย์พุ่งออกมาจากเครื่องทีวีที่กำลังเล่นวีดีโอ และถ้าเป็นจริง จะมีอันตรายมากน้อยเพียงไรจากรังสีเอ็กซ์เรย์ดังกล่าว

วารสารวิทยาศาสตร์ มข. ปีที่ ๑๑ ฉบับที่ ๒ เม.ย. - มิ.ย. ๒๕๒๖

การใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ เป็นอุปกรณ์ช่วยสอนวิทยาศาสตร์ ในระดับอุดมศึกษา

บำรุง สมสวัสดิ์*

บทนำ

ปัจจุบันความก้าวหน้าของเทคโนโลยีทางอีเลคโทรนิคส์ เป็นผลให้วิวัฒนาการของไมโครคอมพิวเตอร์ หรือ คอมพิวเตอร์ส่วนตัว (Personal Computer) เจริญก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็วจนสามารถกล่าวได้ว่า เครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดตั้งโต๊ะที่สามารถซื้อหรือประกอบขึ้นเองจากชุดอุปกรณ์(Kit) ในราคาประมาณสองหมื่นถึงสามหมื่นบาทนั้น มีความสามารถที่จะทำงานได้เทียบเท่าหรือดีกว่าเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ที่กินเนื้อที่เต็มห้อง ขนาดใหญ่ของเมื่อ 15 - 20 ปีก่อน แนวโน้มในการใช้คอมพิวเตอร์ในวงการธุรกิจต่าง ๆ ในประเทศไทย ได้เพิ่มขึ้นอย่างน่าตื่นใจ แม้กระทั่งร้านอาหารบางร้านในกรุงเทพมหานครก็ได้มีการนำไมโครคอมพิวเตอร์มาใช้ในการดำเนินธุรกิจกันแล้ว (1) ดังนั้นในปัจจุบันนี้จึงไม่น่าแปลกใจที่ว่า ผู้ที่มีความรู้เกี่ยวกับเครื่องคอมพิวเตอร์มักจะมีข้อได้เปรียบในการหางานเมื่อจบการศึกษาไปแล้ว

ในต่างประเทศ ทั้งใน ยุโรป อเมริกา และออสเตรเลีย ก็ได้มีการเตรียมตัวให้เยาวชนของชาติปรับตัวเข้ากับความก้าวหน้าในด้านนี้ โดยได้มีการสอนถึงการใช้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ตั้งแต่ในระดับชั้นประถม (primary school) ขึ้นไป การเรียนภาษาที่ใช้ในการติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ เช่น ภาษา BASIC ก็อาจจะนับได้ว่าเป็น "ภาษาที่สอง" ที่มีความสำคัญไม่น้อยกว่าการเรียนภาษาอื่นๆ ซึ่งจะทำให้นักเรียนสามารถปรับตัวให้ทันกับผลกระทบของความก้าวหน้าในด้านนี้ที่จะมีขึ้นในชีวิตการทำงานประจำวันในอนาคต ส่วนในประเทศที่กำลังพัฒนาอย่างประเทศเรา ผู้เขียนเห็นว่าสถาบันที่เหมาะสมที่จะแนะนำวิทยาการในด้านนี้ให้แก่เยาวชนของชาติก็ดูเหมือนจะเป็นสถาบันอุดมศึกษาต่าง ๆ เนื่องจากความได้เปรียบทางบุคลากรที่มีอยู่

บทความเรื่องนี้ ผู้เขียนเขียนขึ้นโดยมีความเห็นว่า การใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ในการเรียนการสอนนั้น นอกจากจะช่วยให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพดีขึ้นแล้ว ยังจะเป็นการกระตุ้นให้นักศึกษามีความสนใจในการที่จะศึกษาเรียนรู้ และเกิดความคุ้นเคยกับความก้าวหน้าในวิทยาการด้านนี้ ซึ่งจะเป็นผลดีต่อนักศึกษาในอนาคตข้างหน้าต่อไปด้วย

สิ่งที่นำมาเสนอในบทความนี้ เป็นแนวทางการประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสอนวิชาฟิสิกส์ ทั้งในระดับฟิสิกส์พื้นฐานและระดับสูง หัวข้อต่าง ๆ ที่นำมาเสนอ เป็นเพียงบางส่วนของแนวทางในการแก้ปัญหาที่ผู้เขียนได้ประสบหรือ

*อาจารย์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ได้รับรู้จากผู้ร่วมงานอื่น ๆ ในขณะที่ทำการสอนวิชาฟิสิกส์ระดับต่าง ๆ ที่ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยขอนแก่นเท่านั้น บทความนี้จึงไม่ใช่บทความที่มีจุดมุ่งหมายที่จะแสดงถึงขีดความสามารถ ของ คอมพิวเตอร์ในฐานะที่เป็นอุปกรณ์ช่วยสอนแต่อย่างใด

รายละเอียดของไมโครคอมพิวเตอร์ที่ใช้

ระบบเครื่องคอมพิวเตอร์ที่จะใช้เป็นเครื่องมือช่วยสอนได้ ควรจะมีอุปกรณ์หลักดังนี้

1) เครื่องคอมพิวเตอร์ และแป้นพิมพ์ (Keyboard)

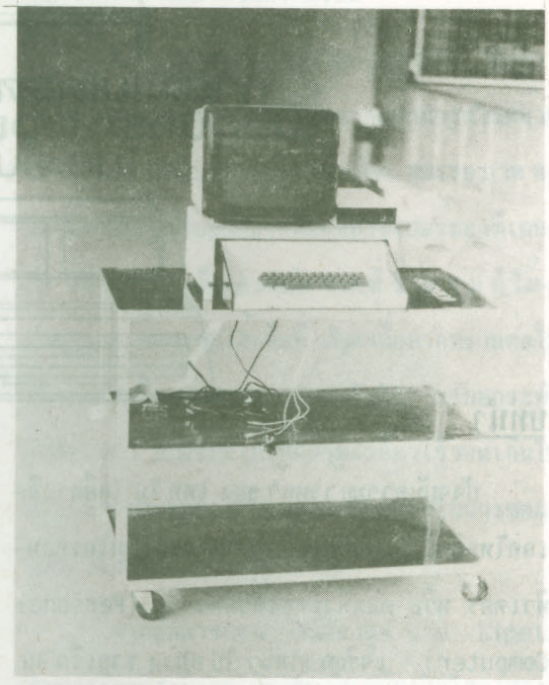
2) จอภาพ เพื่อแสดงผล, สร้างภาพ และกราฟต่าง ๆ

3) หน่วยเก็บข้อมูล เช่น เทปคาสเซท หรือหน่วยจานแม่เหล็ก (Disc drive) สำหรับเก็บโปรแกรมเพื่อความสะดวกในการเรียกใช้

เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้อยู่ที่ ภาควิชาฟิสิกส์นั้นเป็นเครื่องที่ประกอบขึ้นโดยใช้ชุดอุปกรณ์ (Kit) งบประมาณที่ใช้ (ไม่รวมจอภาพและ Disc drive) ประมาณ 15,000.- บาท เครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องนี้มีหน่วยความจำ 48 กิโลไบท์(48 K Bytes) เครื่องทั้งชุดสามารถจะเคลื่อนย้ายได้โดยสะดวก บนรถเข็นล้อเลื่อน (รูปที่ 1) ภาษาที่ใช้ขณะนี้คือ ภาษา BASIC ต่อไปสามารถ จะ ขยาย ประสิทธิภาพของเครื่องให้ใช้ภาษาอื่น ๆ เช่น FORTRAN, PASCAL หรือ COBOL ได้

การสร้างภาพหรือเขียนกราฟประกอบการสอน

ความสามารถในการสร้างภาพให้ปรากฏบนจอภาพของไมโครคอมพิวเตอร์ เป็นสิ่งหนึ่งที่สามารถนำ



รูปที่ 1 แสดงเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์บนรถเข็นที่สามารถจะเคลื่อนย้ายไปยังห้องเรียนต่าง ๆ ได้โดยสะดวก

ไปใช้เป็นอุปกรณ์ประกอบการสอนได้อย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะอย่าง ยิ่งการ แสดงผล ของ สมการ ทางคณิตศาสตร์ออกมาในรูปของกราฟจะทำได้อย่างรวดเร็ว ทำให้สามารถแสดงให้เห็นถึงผลของ ตัวแปรต่าง ๆ ได้อย่างชัดเจน ทำให้นักศึกษาเห็นตัวอย่างต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้ในทันที ทำให้เกิดความเข้าใจและประหยัดเวลาในการอธิบายบทเรียนได้เป็นอย่างมาก

ผู้เขียนขอยกตัวอย่างดังต่อไปนี้

1) <u>โปรแกรมการสาธิตการแทรกสอดของคลื่น</u>

รายละเอียดของโปรแกรม (Program) ที่แสดงไว้ในรูปที่ 2 เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการเขียนกราฟของฟังก์ชัน 3 ฟังก์ชันด้วยกัน ผู้ใช้สามารถจะกำหนดฟังก์ชันที่หนึ่งและฟังก์ชันที่สองให้อยู่ในรูปใด ๆ

ก็ได้ ตามความต้องการ ส่วน ฟังก์ชันที่ สามจะถูกกำหนดให้เป็นผลรวมของฟังก์ชันที่หนึ่งและที่สอง โปรแกรมสามารถแสดงกราฟของแต่ละฟังก์ชันได้ ทั้งหมดพร้อมกัน หรือครั้งละหนึ่งฟังก์ชันได้ตามความต้องการของผู้ใช้

ในการสาธิตแสดงการแทรกสอด ของคลื่น ก็จะทำได้โดยการกำหนดให้ฟังก์ชันที่หนึ่ง และที่สอง ให้อยู่ในรูปของสมการของคลื่น กล่าวคือ

$$Y = A \sin (wt + \emptyset)$$

โดยที่ Y = การขจัดของตัวกลาง

A = อัมปลิจูด หรือช่วงกว้างของการแกว่ง

w = ความถี่เชิงมุม

t = เวลา

$\emptyset$ = มุมเฟสเริ่มต้น(phase angle)

โดยการแปรค่าต่าง ๆ ในสมการข้างบนให้แก่ฟังก์ชันที่หนึ่งและที่สอง รูปกราฟของสมการที่เป็นคลื่นรวมก็จะแสดงได้โดยง่าย (รูปที่ 3 – 8) ซึ่งจะทำให้สามารถแสดงคุณสมบัติของการแทรกสอดของคลื่นเช่น Instructive และ Destructive interference, การเกิด Beat และ โดยการ จัดรูปของสมการใหม่จะทำให้สามารถ แสดงให้เห็นถึงผล ที่เกิดขึ้นเนื่องจาก การ ที่ คลื่น มีความแตกต่างของทางเดิน (path different) ได้

2) <u>การสาธิตอนุกรมฟูเรีย และอื่น ๆ*</u>

โดยการขยายขีดความสามารถของ โปรแกรมที่กล่าวไว้ในข้อ 1 ให้สามารถเขียนกราฟได้หลาย ๆ ฟังก์ชัน และพร้อมทั้งเขียนกราฟที่เกิดขึ้นจากผลรวมของฟังก์ชันทั้งหมดในตอนท้าย ก็สามารถจะสาธิตให้เห็นถึงคุณสมบัติของ Periodic function ต่าง ๆ ที่สามารถสร้างขึ้นจากเทอมต่างๆของอนุกรมฟูเรีย (Fourrie Series) ได้

นอกจากนี้สมการ ที่กินเวลา มากในการเขียนกราฟด้วยมือจะทำได้สะดวก เช่น การแสดงถึงการหาค่าระดับของพลังงานของอนุภาคในSquare well (2) ซึ่งมีสมการอยู่ในรูปของ

$$\Sigma \tan \Sigma = \sqrt{mv_o a^2/2h^2 - \Sigma^2}$$

และ $$\Sigma \cot \Sigma = \sqrt{mv_o a^2/2h^2 - \Sigma^2}$$

ก็จะสาธิตให้เห็นได้โดยง่ายว่า จะ สามารถแก้สมการโดยวิธีการเขียนกราฟได้อย่างไร, ในเงื่อนไขที่ต่างกันออกไป จำนวนของคำตอบหรือจำนวนระดับของพลังงานจะแตกต่างกันออกไปอย่างไร เป็นต้น (ดูรูปที่ 9)

<u>การใช้ Instruction Program ในการสอนและทบทวนเนื้อหา</u>

Instruction Program เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่เป็นผู้สอน หรือ ทบทวน เนื้อ หาวิชาให้แก่ผู้เรียน ในขณะที่ผู้เรียนทำการ run instruction program นั้น ๆ อยู่ โปรแกรมสามารถจะตรวจสอบความเข้าใจของผู้เรียนได้ โดยการตั้งปัญหาหรือโจทย์ให้ผู้เรียน ตอบ (ผ่านแป้นพิมพ์) ลักษณะการทำงานของ Instruction Program อาจจะแยกเป็นขั้นตอนตามลำดับได้ดังนี้

1) การเสนอเนื้อหา โดยการพิมพ์เนื้อหาของวิชาบนจอภาพ

2) การตั้งคำถามให้ผู้เรียนตอบ

3) ผู้เรียนตอบคำถามหรือโจทย์ผ่านแป้นพิมพ์

---

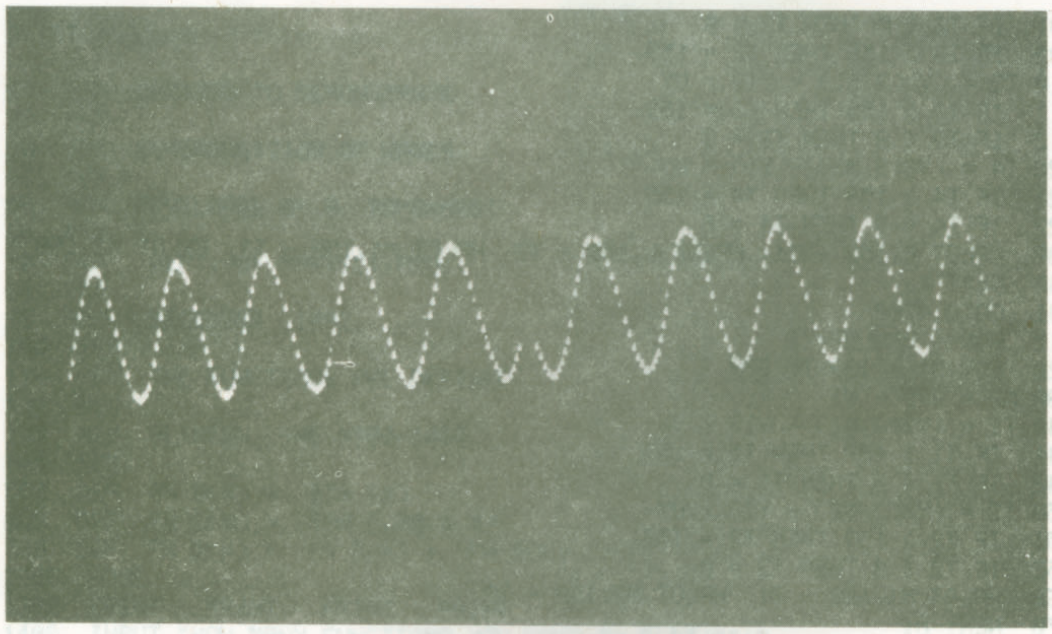
*เนื่องจากเนื้อที่มีจำกัด ผู้เขียนจึงไม่ได้ให้รายละเอียดของโปรแกรมไว้ ณ ที่นี้ แต่โปรแกรมในข้อ 2 นี้ก็สามารถจะดัดแปลงขึ้นได้โดยง่ายจากโปรแกรมในข้อ 1

รูปที่ 2 รายละเอียดของโปรแกรม เพื่อสาธิตการแทรกสอดของคลื่น

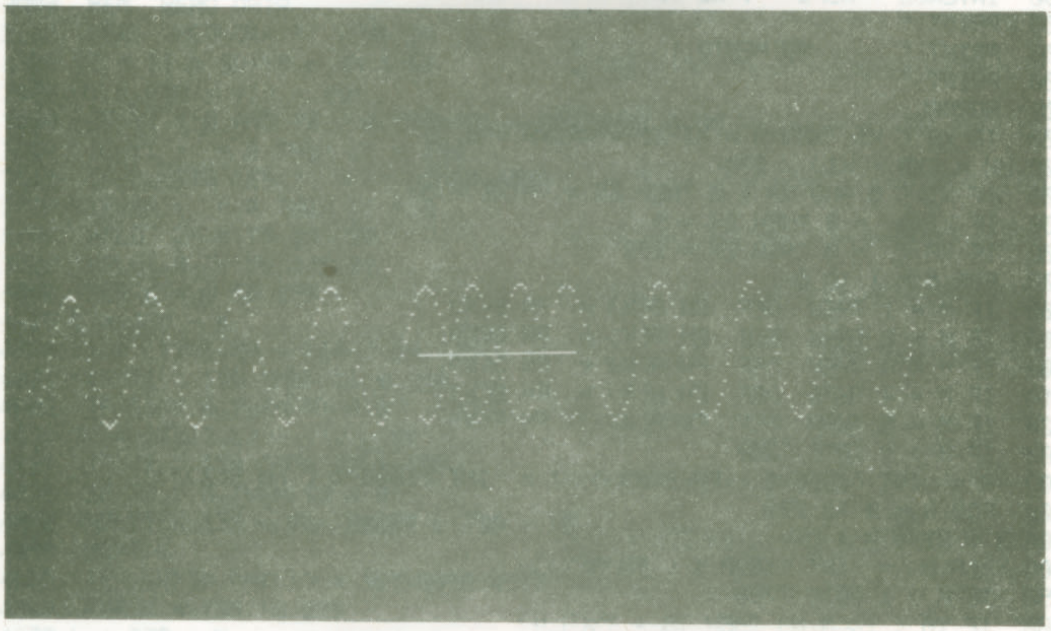
```
]LIST

10  REM  ROUTINE TO DEMONSTRATE
20  REM
30  REM  SUPERPOSITION OF WAVES
40  REM
50  REM  DEVELOPED BY B. SOMSWASDI
60  REM
70  REM   DEPT. OF PHYSICS,KKU.,
80  REM
90  REM   DECEMBER  1982.
100  REM
110  REM  THE FUNCTIONS ARE DEFINED
120  REM
130  REM  BETWEEN LINE #500-1000.
140  REM
500  DEF  FN B(X) =  SIN (X)
600  DEF  FN C(X) =  SIN (.75 * X)
700  DEF  FN D(X) =  FN B(X) +  FN C(X)
1200  HOME
1300  PRINT : PRINT : PRINT : PRINT
1400  INPUT "HOW MANY FUNCTIONS YOU WANT TO PLOT ?";Q
1450  DIM Y%(Q,282)
1500  GOSUB 5000
1600  HOME : PRINT : PRINT : PRINT
1700  INPUT "PLEASE ENTER YOUR 'SCALING FACTOR' :";SD
1800  IF SD = 0 THEN  INVERSE : PRINT "                ": PRINT " ILLEGAL ": PRINT "
      ": NORMAL : GOTO 1700
1900  PRINT : PRINT : INPUT "DO YOU WANT THE AXIS DRAWN ?";E$
1910  PRINT : PRINT : INPUT "DO YOU WANT ONLY THE RESULTANT WAVE ?";N$
2000  REM  READ DATA
2100  HGR : HCOLOR= 7: VTAB 24
3300 YI = II * SD:YA = AA * SD
3400 UY = (YA - YI) / 159
3500  IF YI < 0 AND YA > 0 THEN ZY = 159 + YI / UY
3600  IF YI >  = 0 THEN ZY = 159
3610  IF  LEFT$ (E$,1) = "N" GOTO 4000
3700  IF YA <  = 0 THEN ZY = 0
3800  HPLOT ZX,0 TO ZX,159
3900  HPLOT 0,ZY TO 279,ZY
4000  FOR K = 0 TO 139
4010 L = 279 - K
4020 T1 = (Y%(1,K) - YI) / UY
4021  IF T1 > 159 THEN T1 = 159
4022  IF T1 < 0 THEN T1 = 0
4030 T2 = (Y%(2,L) - YI) / UY
4031  IF T2 > 159 THEN T2 = 159
4032  IF T2 < 0 THEN T2 = 0
4040  HPLOT K,159 - T1: HPLOT L,159 - T2
4050  NEXT K
4055  IF  LEFT$ (N$,1) = "Y" GOTO 4212
4060  FOR K = 139 TO 279
4070 L = 279 - K
4080 M1 = 279 - K
4090 M2 = K
4095 T1 = (Y%(1,K) - YI) / UY
4096  IF T1 > 159 THEN T1 = 159
4097  IF T1 < 0 THEN T1 = 0
4100 T2 = (Y%(2,L) - YI) / UY
```

```
4101  IF T2 < 0 THEN T2 = 0
4102  IF T2 > 159 THEN T2 = 159
4110 T3 = (Y%(3,M1) - YI) / UY
4111  IF T3 > 159 THEN T3 = 159
4112  IF T3 < 0 THEN T3 = 0
4120 T4 = (Y%(3,M2) - YI) / UY
4121  IF T4 > 159 THEN T4 = 159
4122  IF T4 < 0 THEN T4 = 0
4130  HPLOT K,159 - T1: HPLOT L,159 - T2: HPLOT M1,159 - T3: HPLOT M2,159 - T4
4140  NEXT K
4141  GOTO 4700
4212  HGR : HCOLOR= 7
4220  FOR M1 = 139 TO 279
4230 M2 = 279 - M1
4240 T1 = (Y%(3,M1) - YI) / UY
4241  IF T1 > 159 THEN T1 = 159
4242  IF T1 < 0 THEN T1 = 0
4250 T2 = (Y%(3,M2) - YI) / UY
4251  IF T2 > 159 THEN T2 = 159
4252  IF T2 < 0 THEN T2 = 0
4260  HPLOT M1,159 - T1: HPLOT M2,159 - T2
4270  NEXT M1
4700  INPUT "DO YOU WANT TO PLOT THEM AGAIN ?";N$
4800  IF  LEFT$ (N$,1) = "N" THEN  TEXT : HOME : END
4900  GOTO 1700
5000  REM  :::::::::CALCULATION PART
5100  PRINT : PRINT : PRINT
5200  PRINT  TAB( 7)"ENTER THE RANGE OF X'S :": PRINT
5300  INPUT "   FROM ";XI
5400  INPUT "              TO ";XA
5500  INVERSE : HOME : VTAB (6)
5600  PRINT "                    "
5700  PRINT "      MO'MENTO !    "
5800  PRINT "                    "
5900  NORMAL
6000  IF XA < XI THEN M = XI:XI = XA:XA = M
6100 UX = (XA - XI) / 279
6200  IF XI < 0 AND XA > 0 THEN ZX =  - XI / UX
6300  IF XI >  = 0 THEN ZX = 0
6400  IF XA <. = 0 THEN ZX = 279
6500  FOR M = 1 TO Q
6600  IF M = 1 THEN  DEF  FN A(X) =  FN B(X)
6700  IF M = 2 THEN  DEF  FN A(X) =  FN C(X)
6800  IF M = 3 THEN  DEF  FN A(X) =  FN D(X)
6810  IF M = 4 THEN  DEF  FN A(X) =  FN E(X)
6820  IF M = 5 THEN  DEF  FN A(X) =  FN F(X)
7000  IF M > 1 GOTO 7200
7100 YA =  INT (1000 * ( FN A(X))):YI =  INT (1000 * ( FN A(X)))
7200  FOR N = 0 TO 279
7300 X = XI + N * UX
7400 Y%(M,N) =  INT (1000 * ( FN A(X)))
7450  IF M > 1 GOTO 7700
7500  IF YA < Y%(M,N) THEN YA = Y%(M,N)
7600  IF YI > Y%(M,N) THEN YI = Y%(M,N)
7700  NEXT N
7900  NEXT M
7950 AA = YA:II = YI
8000  RETURN
```



รูปที่ 3 แสดงคลื่น 2 ขบวน ที่มี phase ต่างกัน เคลื่อนที่จากด้านซ้ายและด้านขวาเข้ามาพบกัน



รูปที่ 4 ผลจากการรวมกันของคลื่นในรูปที่ 2 เริ่มปรากฏให้เห็น (เป็น Destructive Interference)

พูดกันตามหลักทฤษฎีแล้ว จะมีรังสีเอ็กซ์เรย์พุ่งออกมาจากทีวีในระหว่างขบวนการทำให้เกิดภาพบนจอทีวีจากสัญญาณที่ส่งมาจากเครื่องวีดีโอ เพราะเหตุที่ว่าการที่จะเกิดภาพขึ้นบนจอทีวีนั้น จะต้องใช้ไฟฟ้าที่มีกำลังสูงในการขับเคลื่อนอีเล็คตรอน ไปยังสาร phosphorที่ถูกตรึงไว้ตรงด้านในของหลอดภาพ จากการกระทบกันเป็นผลให้อีเล็คตรอนของสารphosphor ได้รับพลังงานและเลื่อนระดับพลังงานของตัวเองสูงขึ้น (high energy state) เมื่ออีเล็คตรอนเหล่านี้คืนกลับสู่สภาพเดิม พลังงานจะถูกปลดปล่อยออกมาในรูปของรังสี นาย Bill Herman แห่งกองควบคุมอาหารและยา กล่าวว่าเครื่องเล่นวีดีโอได้ออกแบบเพื่อเปลี่ยนรังสีให้ออกมาเป็นแสงไม่ใช่เป็นรังสีเอ็กซ์เรย์

นาย Bill Rados อีกผู้หนึ่งจากกองควบคุมอาหารและยา ได้ทำการศึกษาการแผ่กระจายของแสงเอ็กซ์เรย์จากการเล่นวีดีโอภายใต้สภาวะที่เลวร้ายที่สุด ซึ่งจะมีรังสีแผ่กระจายมากที่สุด จากการศึกษาพบว่ามีเครื่องวีดีโอเพียง 8 เครื่อง ที่แผ่รังสีเอ็กซ์เรย์ เมื่อเทียบกับ เครื่องวีดีโอที่สำรวจทั้งหมด 125 เครื่อง และระดับของรังสีเอ็กซ์เรย์ที่แผ่กระจายออกมาจากเครื่องวีดีโอยังต่ำกว่าระดับอันตรายที่กำหนดไว้มาก นาย Rados ยังเสริมอีกว่าในจำนวน 8 เครื่องที่พบว่ามีรังสีเอ็กซ์เรย์นั้นถูกสั่งให้เลิกขายในท้องตลาดแล้ว จากผลการสำรวจดังกล่าว กรมควบคุมอาหารและยาได้ลงความเห็นว่าการเล่นวีดีโอเทปในสภาวะปกติ จะมีการแผ่กระจายของรังสีที่มีอันตรายน้อยมากและในบางกรณีอาจไม่มีเลย อย่างไรก็ตาม นาย Hartmann ได้ค้านว่า ถึงแม้ว่ารังสีเอ็กซ์เรย์จะไม่แผ่กระจายไปถึงผู้ดูทีวีที่นั่งห่างจากเครื่องรับประมาณ 6 ฟุตก็ตาม แต่ในกรณีของผู้ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์หรือผู้ที่เล่นวีดีโอเกมส์ บุคคลเหล่านี้ล้วนแล้วแต่ต้องนั่งติดกับจอทีวีมอร์นิเตอร์ ทำให้รังสีอันตรายนี้แผ่กระจายไปยังใบหน้า และนิ้วมือก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้ได้ในระยะยาว ดังนั้นการใช้แผ่นโลหะตะกั่วที่มีชื่อว่า I-Protect ก็เปรียบเสมือนการใช้เข็มขัดนิรภัย ซึ่งโดยปกติแล้วผู้ขับขี่รถยนต์ไม่จำเป็นต้องใช้ แต่เมื่อเกิดอุบัติเหตุแล้วจะเห็นว่าเข็มขัดนิรภัยนั้นมีประโยชน์ในการช่วยชีวิตได้

(จาก Science Digest เดือนมกราคม 1983 หน้า 24)

ลองภูมิ

คอลัมน์นี้จะจัดเป็นประจำในวารสารวิทยาศาสตร์ มข. จุดประสงค์เพื่อให้ผู้อ่านได้ทดลองใช้ภูมิปัญญาในการตีความหมายของประโยคปริศนา และหาคำตอบที่มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับคำถามที่สุด นอกจากนี้จำนวนอักษรในคำตอบจะต้องเท่ากับจำนวนช่องที่กำหนดไว้ด้วย ผู้ที่ตอบปัญหาได้ถูกต้องและส่งไปถึงบรรณาธิการทุกคน จะได้รับรางวัลตอบแทนพร้อมทั้งได้รับการลงชื่อเพื่อประกาศความสามารถในเล่มถัดไป

เฉลยปัญหาฉบับที่แล้ว

												F	O	S	S	I	L	1
						2 T	O	R	N	A	D	O						
												R	H	I	N	O	C	E	R	O	S	3
4 D	I	P	H	E	N	Y	L	A	M	I	N	E						
												I	N	D	I	A	N	5
									6 W	I	G							
												N	I	C	O	T	I	N	A	M	I	D	E	7

แถวนอน (1) โอ้โฮ เจ้าสัตว์ตัวนี้ต้องเคยมีชีวิตอยู่บนโลกเมื่อหลายล้านปีก่อนแน่ ๆ

(2) พายุชนิดนี้น่ะมันตัวอันตรายที่สุดในทวีปอเมริกาแน่ ๆ

(3) เจ้าสัตว์ชนิดนี้เป็นตัวอันตรายนะ เพราะตัวก็ใหญ่เกือบเท่าช้าง กำลังก็มาก หนังก็หนาด้วย แต่บางส่วนบนตัวมันใช้ทำยาแผนโบราณได้

(4) สารตัวนี้เมื่อทำปฏิกิริยากับ Deoxyribose จะได้สารสีน้ำเงินเกิดขึ้น

(5) คนกลุ่มนี้แหละอยู่อเมริกามาก่อนโคลัมบัสจะพบทวีปนี้ตั้งนาน

(6) แฟนคุณเมื่อวานผมยังสั้นอยู่เลย วันนี้ทำไมผมยาว แถมยังมีสีทองด้วยล่ะ

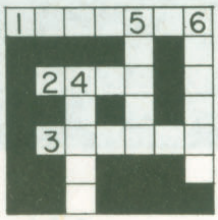
(7) วิตามินตัวนี้จำเป็นสำหรับการสังเคราะห์ NAD^+ จริง ๆ ด้วย

แถวตั้ง คุณพ่อของผมไม่ใช่คนไทยหรอกครับ

ผู้ที่ตอบปัญหาถูกต้องคือ :

1. ดร.ศริตาภรณ์ ชูศรี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มข.
2. อาจารย์ จารุมาลย์ จิตรังษี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มข.
3. อาจารย์ วิวัฒน์ หาญจนวงศ์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มข.

ปัญหาประจำฉบับ

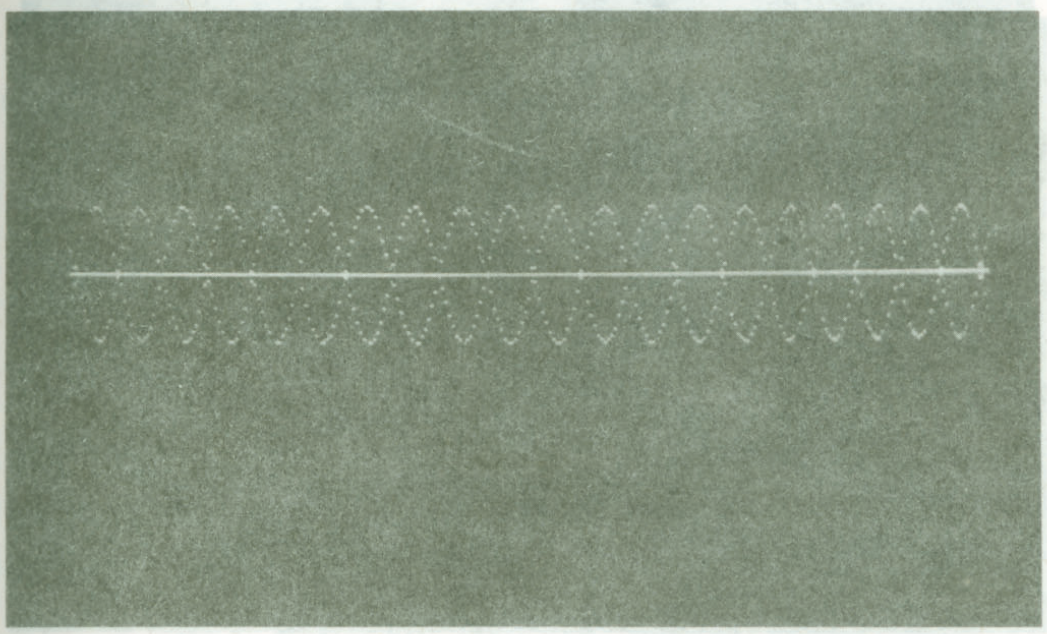


แถวนอน

1. หินที่โผล่พื้นผิวดิน
2. ตะกอนขนาด $\frac{1}{16}$ - 2 มิลลิเมตร
3. ลักษณะการเอียงตัวเท ของโครงสร้างทางธรณีวิทยา

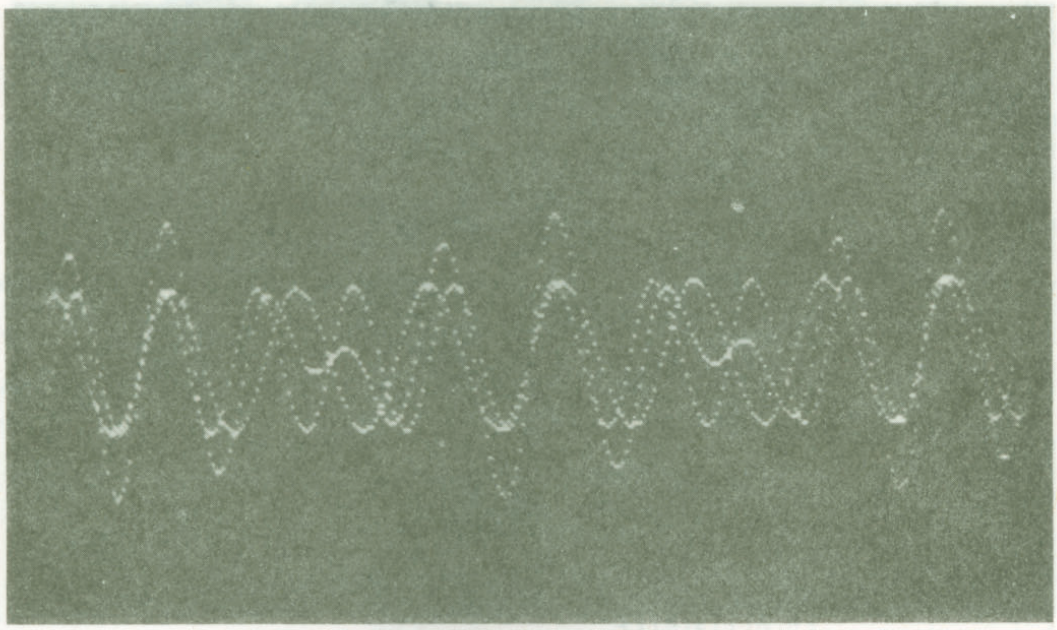
แถวตั้ง

4. โลหะผสม
5. ก๊าซที่หนักที่สุดในกลุ่มก๊าซโนเบล
6. กะเปาะแร่

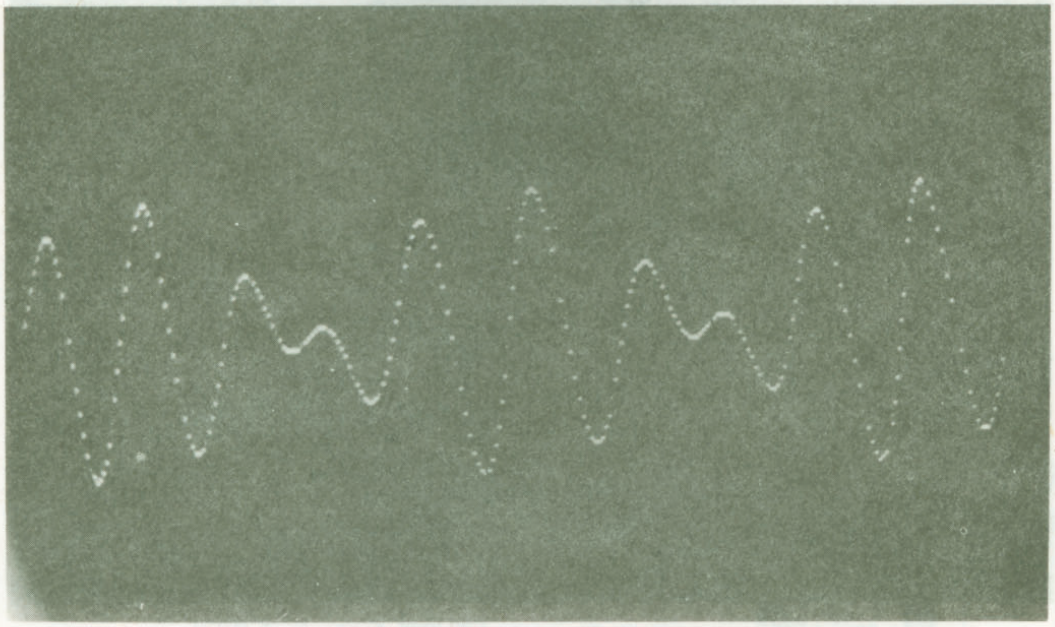


รูปที่ 5 กราฟสุดท้าย แสดงคลื่นเริ่มต้นทั้งสอง และคลื่นรวม

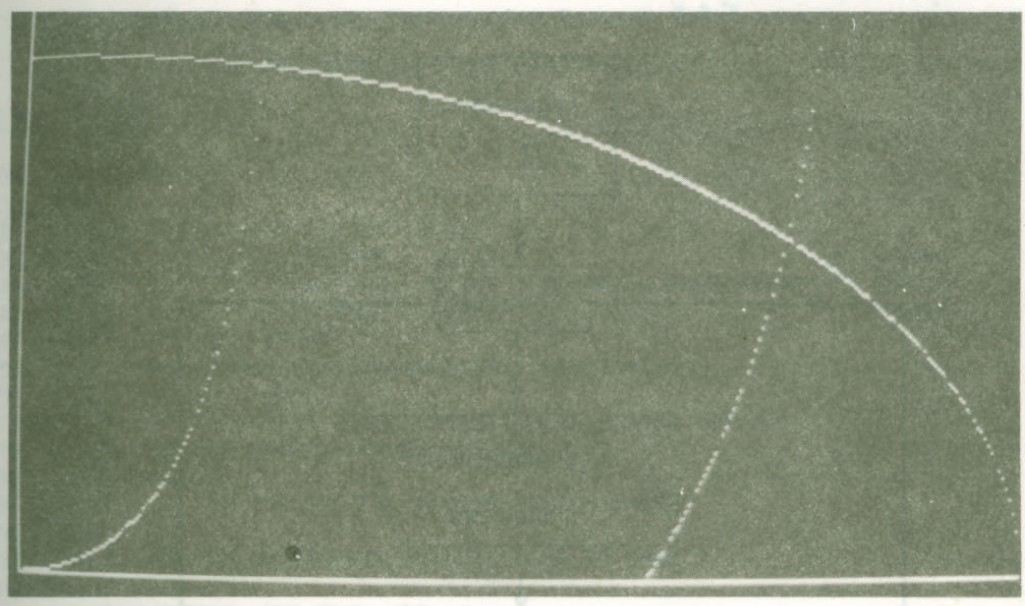
รูปที่ 6 แสดงคลื่นขบวนที่มีความถี่ต่างกันเล็กน้อยเคลื่อนที่เข้ามารวมกัน



รูปที่ 7 แสดงคลื่นเริ่มต้น (จากรูปที่ 5) ทั้งสองและคลื่นรวมจะเห็นว่าแสดงผลไม่ชัดเจนนัก จึงต้องแสดงผลเฉพาะคลื่นรวม ดังที่แสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 แสดง Beat ซึ่งเป็นผลสุดท้ายจากการรวมคลื่นในรูปที่ 6



รูปที่ 9 แสดงถึงจำนวน "first class solution" ของการหาระดับพลังงานของอนุภาคใน square well ว่ามี 2 ค่า (กราฟตัดกัน 2 จุด)

4) การตรวจสอบว่าคำตอบถูกต้องหรือไม่

5) การดำเนินการตามความเหมาะสม เนื่องจากผลของการตรวจสอบในข้อ 4 เช่นทบทวนเนื้อหา ถ้าพบว่าคำตอบผิดแล้วตั้งคำถามใหม่ และให้คะแนนเป็นต้น

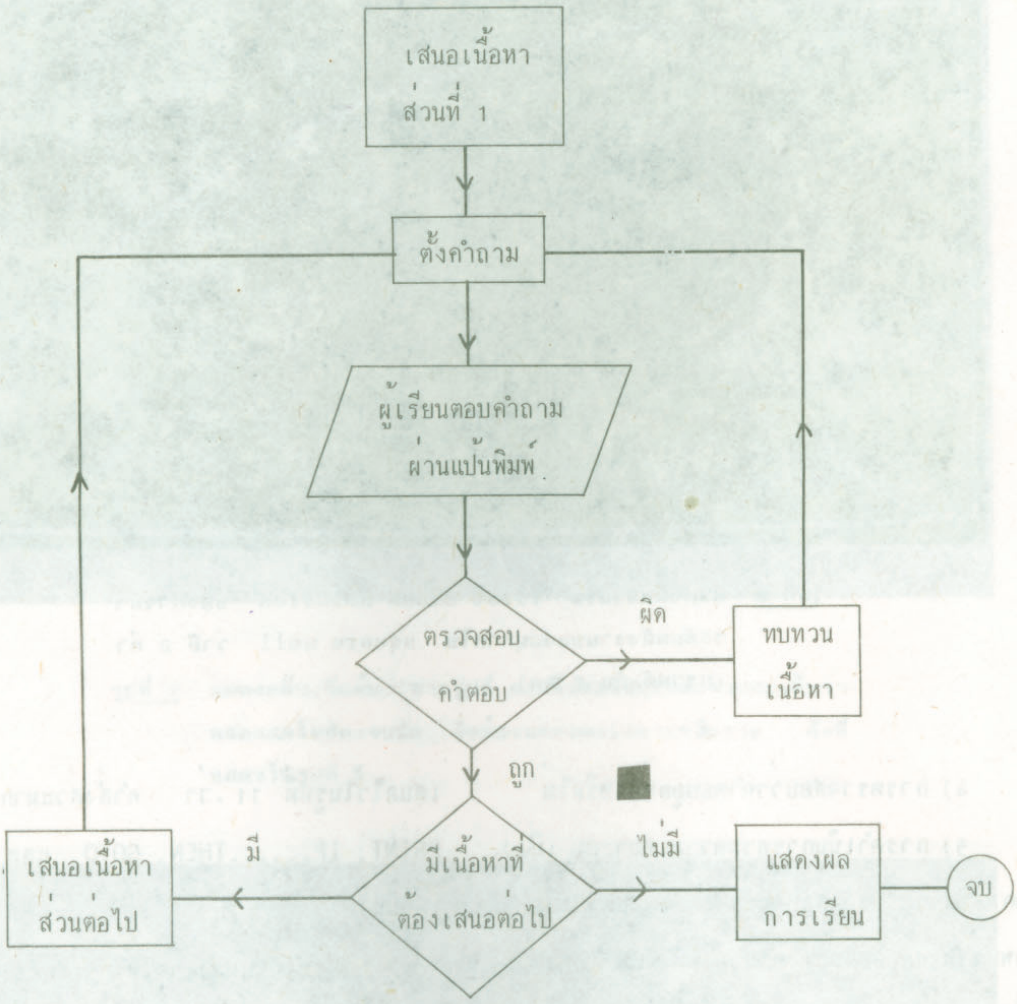
6) เสนอเนื้อหาขั้นต่อไป

7) รายงานผลของความเข้าใจ ซึ่งประมวลจากผลการให้คะแนนในข้อ 5 (ภายหลังจากที่ได้เสนอเนื้อหาทั้งหมดแล้ว)

โครงร่าง (Flow Chart) ของ Instruction Program ได้แสดงไว้ในรูปที่ 10

Instruction Program เป็นโปรแกรมที่ผู้ที่เริ่มสนใจในการเขียนโปรแกรมเพื่อการศึกษา ควรจะลองเขียนเป็นกรณีแรก เพราะโปรแกรมนี้ต้องการความรู้เกี่ยวกับเทคนิคต่าง ๆ ของชุดคำสั่งเฉพาะของเครื่องน้อยมาก เมื่อเทียบกับโปรแกรมการสร้างภาพ ดังจะเห็นได้จากรายละเอียดของโปรแกรมที่ได้นำมาเสนอไว้ในรูปที่ 11 ว่า คำสั่งส่วนมากจะมีเพียง PRINT, IF.....THEN, GOTO และ INPUT เท่านั้น

คุณประโยชน์ของการใช้Instruction Program ก็คือ เป็นการให้เวลากับผู้เรียนที่จะทำความเข้าใจกับบทเรียนได้ตามกำลัง ความ สามารถ ของ ผู้เรียนเอง ผู้เรียนสามารถจะเลือก "เข้าเรียน" ได้ตามใจชอบและผู้เรียนยังได้รับความสนใจจาก "ผู้สอน" เทียบได้กับการสอนตัวต่อตัว ซึ่งเป็นการดีกว่าการสอนในห้องเรียนใหญ่ที่ อาจารย์ ผู้ สอน ไม่ - สามารถสนองตอบปัญหาของผู้เรียน ได้ อย่าง ฉับ พลันและทั่วถึง นอกจากนี้อาจารย์ผู้สอนยังสามารถใช้โปรแกรมนี้เป็นเครื่องมือในการปูพื้นฐาน หรือทบทวนความรู้พื้นฐานก่อนที่จะสอน เนื้อ หา ที่ สูงกว่า ในห้องเรียนอันจะเป็นการประหยัดเวลาในการสอน ทำให้สามารถมีเวลาสอนเนื้อหาได้มากขึ้นอีกโสตหนึ่งด้วย



รูปที่ 10 แสดง Flow Chart ของ Instruction Program

เนื้อหาวิชาที่จะนำมาเขียนเป็นInstruction Program ได้นั้น จะต้องเป็นเนื้อหาวิชาที่สามารถแบ่งเป็นขั้นตอนได้อย่างชัดเจน และแต่ละขั้นตอนจะต้องมีเป้าหมายเชิงพฤติกรรมค่อนข้างแน่ชัด เนื้อหาของแต่ละขั้นตอนก็ไม่ควรจะยาวเกินไปนัก การตั้งคำถามควรจะถามมากกว่าหนึ่งครั้งถ้าทำได้โดยไม่ซ้ำกับปัญหาเดิม เพื่อตัดโอกาสในการตอบถูกโดยโชคช่วยหรือการเดาคำตอบ และโดยจิตวิทยาของการเรียนการสอนแล้ว โปรแกรมก็ควรจะมีคำชมเชย (Reward) สนองตอบบ้าง เมื่อ ผู้เรียนตอบคำถามถูกต้อง (แต่ไม่ควรจะบ่อยจนเกินไป)

เพื่อเป็นตัวอย่างสำหรับโปรแกรมช่วยสอนประเภทนี้ ผู้เขียนได้แสดงตัวอย่างของโปรแกรมไว้ในรูปที่ 11 * โปรแกรมนี้เป็นโปรแกรมที่ใช้ทบทวนความรู้ เรื่อง Bainary Number System เพื่อเป็นพื้นฐานในการเรียนเรื่อง Digital electronics ในวิชา Electronics ที่ทำการสอน อยู่ที่ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

---

* โปรแกรมนี้ ผู้เขียนเขียนขึ้นมาจากเค้าโครงของโปรแกรมของอาจารย์ Ian Thomas แห่งภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ผู้เขียนขอขอบคุณ อาจารย์ Ian Thomas ไว้ ณ ที่นี้ด้วย

รูปที่ 11 ตัวอย่างของ Instruction Program ซึ่งใช้ในการทบทวนความรู้ เรื่อง Binary number System

```
]LIST

100  DIM BI$(25)
110  HOME
120  VTAB 4
135  PRINT "        ";: INVERSE : PRINT "                      ": NORMAL
140  PRINT "        ";: INVERSE : PRINT " BINARY NUMBER SYSTEM ": NORMAL
145  PRINT "        ";: INVERSE : PRINT "                      ": NORMAL
146  PRINT : PRINT : PRINT
150  PRINT "&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&"
155  PRINT : PRINT : PRINT
160  PRINT  TAB( 8);"THIS MODULE WILL TEACH YOU HOW TO"
170  PRINT "USE THE BINARY NUMBER SYSTEM"
180  GOSUB 6000
190  PRINT "      IN THE DECIMAL NUMBER SYSTEM THERE"
195  PRINT
200  PRINT "ARE TEN DIFFERENCE SYMBOLS USED TO MAKE "
201  PRINT
210  PRINT "NUMBERS, AND THEY ARE :"
211  PRINT
220  PRINT " 0  1  2  3  4  5  6  7  8  9"
221  PRINT
230  PRINT " THIS IS THE SYSTEM WE USE EVERY DAY"
231  PRINT
240  GOSUB 6000
250  PRINT "   IN THE BINARY NUMBER SYSTEM THERE"
251  PRINT
260  PRINT "ARE ONLY TWO SYMBOLS USED. THEY ARE :"
261  PRINT
270  PRINT "  0  AND  1 ."
271  PRINT
280  PRINT "  SO COUNTING IS DIFFERENT !"
290  GOSUB 6000
300  PRINT "  THIS IS HOW YOU COUNT IN THE TWO"
301  PRINT
310  PRINT "NUMBER SYSTEMS :"
320  PRINT : PRINT : PRINT
330 B = 0:D = 0
340  FOR M = 0 TO 300: NEXT M
350  PRINT "DECIMAL" "BINARY"
360  PRINT : PRINT
370  FOR J = 0 TO 25
380 D = D + 1:B = D:N = 7
390  FOR L = 1 TO 8:B$(L) = "0": NEXT L
400 N = N - 1
410  IF N =  - 1 GOTO 450
420  IF B > 2 ^ (N) THEN B$(N + 1) = "1":B = B - 2 ^ (N)
440  GOTO 400
450  FOR L = 1 TO 8
460  IF B$(9 - L) = "1" GOTO 510
470  FOR K = 0 TO 200: NEXT K
480 B$(9 - L) = " "
490  NEXT L
500  IF B$(1) = " " THEN B$(1) = "0"
510  PRINT : PRINT D - 1,B$(6);B$(5);B$(4);B$(3);B$(2);B$(1)
520  NEXT J
530  PRINT : PRINT : PRINT " ..ETC..","..ETC.."
540  PRINT : PRINT : PRINT " WOULD YOU LIKE TO SEE THAT AGAIN ?(Y/N)"
550  GET A$: IF A$ = "Y" THEN  HOME : GOTO 330
560  HOME : PRINT "    ....PROBLEMS...."
```

```
561  PRINT : PRINT : PRINT "%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%": PRINT : P
RINT
570  PRINT " 1) HOW MANY SYMBOLS ARE THERE IN THE "
571  PRINT
580  PRINT "BINARY NUMBER SYSTEM ?"
581  PRINT
590  INPUT "YOUR ANSWER :";A
591  PRINT : PRINT : PRINT : PRINT
600  IF A <  > 2 THEN  PRINT "  WRONG !,THERE ARE ONLY TWO,0 AND 1"
601  PRINT : PRINT
605  IF A = 2 GOTO 650
610  PRINT " 2) HOW MANY SYMBOLS ARE THERE IN THE"
611  PRINT
620  PRINT "DECIMAL SYSTEM ?"
621  PRINT : PRINT
630  INPUT " YOUR ANSWER :";A: PRINT : PRINT
640  IF A <  > 10 THEN  PRINT "WRONG !,YOU'D BETTER START FROM": PRINT : PRINT "
THE BEGINING AGAIN...": PRINT : PRINT : PRINT : PRINT : PRINT : GOSUB 6000: GOTO
 190
644  PRINT : PRINT : PRINT : PRINT : PRINT
650  PRINT " GOOD ! NOW LET'S PROCEED ....": PRINT : PRINT : PRINT : PRINT : PRI
NT
651  GOSUB 6000
660  PRINT "   NOW.WE MUST LEARN HOW TO CONVERT "
661  PRINT
670  PRINT "NUMBERS BETWEEN THE TWO SYSTEMS"
671  PRINT
680  GOSUB 6000
690  PRINT "  WHEN WE WRITE 326 IN DECIMAL WE MEAN :"
691  PRINT
700  PRINT " 3*100 + 2*10 + 6*1 "
701  PRINT : PRINT : PRINT
710  PRINT "IN BINARY WHEN WE WRITE 1011,WE MEAN :"
711  PRINT
720  PRINT " 1*8 + 0*4 + 1*2 + 1*1 "
721  PRINT : PRINT : PRINT
730  PRINT " IN DECIMAL WE MULTIPLY BY POWER OF 10"
731  PRINT
740  PRINT " BUT IN BINARY WE MULTIPLY BY POWER OF 2"
750  GOSUB 6000
760  PRINT ". THEN THE NUMBER 7 IN DECIMAL IS "
761  PRINT
770  PRINT "THE SAME AS 111 IN THE BINARY SYSTEM"
771  PRINT
780  PRINT "  ( CAN YOU SEE THE REASON WHY ?)"
790  GOSUB 6000
800  PRINT " THIS IS BECAUSE 111 IN BINARY IS EQUAL"
801  PRINT
810  PRINT "TO 1*2^2+1*2^1+1*2^0 = 7 "
811  PRINT : PRINT "AND THE BINARY NUMBER 1011 IS THEN "
820  PRINT : PRINT " 1*2^3+0*2^2+1*2^1+1*2^0 = 11 IN THE "
830  PRINT : PRINT "DECIMAL SYSTEM. "
835  GOTO 1080
840  PRINT : PRINT : PRINT : PRINT : GOSUB 6000
850  PRINT "NOW LET'S SEE. CAN YOU CONVERT"
851  PRINT
860  PRINT "DECIMAL NUMBER TO BINARY ?"
870 NN = 6:CO = 6
880 D =  INT (75 *  RND (1) + 2)
890 A = D
900  GOSUB 7000
901  PRINT : PRINT : PRINT : PRINT
910  PRINT "WHAT IS ";D;" (DECIMAL) WHEN CHANGE"
911  PRINT
912  PRINT "TO BINARY ?"
```

```
913  PRINT
920 H$ = BI$(8) + BI$(7) + BI$(6) + BI$(5) + BI$(4) + BI$(3) + BI$(2) + BI$(1)
921  PRINT
930 M =  LEN (H$)
940  IF  LEFT$ (H$,1) = " " THEN H$ =  RIGHT$ (H$,(M - 1))
950  IF M =  LEN (H$) GOTO 970
960  GOTO 930
970  PRINT : PRINT : INPUT " YOUR ANSWER : ";H1$
975 NN = NN - 1
980  IF H1$ = H$ GOTO 1050
990  PRINT : PRINT : PRINT : PRINT "WRONG !"
995 CO = CO - 1: IF CO = 0 THEN  HOME : VTAB 8: PRINT "YOU HAVE TO GO BACK !": G
OTO 651
1000  GOTO 1051
1050  PRINT : PRINT "YOU'RE CORRECT  ";: IF CO < 6 THEN  PRINT "THIS TIME !"
1051  PRINT
1060  IF NN = 0 THEN  PRINT : PRINT : PRINT : PRINT " YOU GOT ";CO;" OUT OF 6"
1075  IF NN <  > 0 GOTO 880
1076  GOTO 1220
1080  GOSUB 6000
1090  PRINT "NOW,LET'S TRY SOME PROBLEMS....."
1110 PP = 6:CO = 6
1120 A =  INT (75 *  RND (1) + 2):D2 = A: GOSUB 7000
1150 Q$ = BI$(8) + BI$(7) + BI$(6) + BI$(5) + BI$(4) + BI$(3) + BI$(2) + BI$(1)
1160  PRINT : PRINT : PRINT : PRINT "WHAT IS ";Q$;" (BINARY)": PRINT : PRINT " I
N DECIMAL NUMBER SYSTEM ?"
1170  PRINT : PRINT : PRINT "YOUR ANSWER : ";: INPUT D1
1175 PP = PP - 1
1180  IF D1 <  > D2 THEN  PRINT : PRINT "WRONG !":CO = CO - 1: GOTO 1200
1190  PRINT : PRINT : PRINT "YOU'RE CORRECT....";: IF CO < 6 THEN  PRINT " THIS
TIME !"
1195  PRINT
1200  IF PP <  > 0 GOTO 1120
1210  PRINT : PRINT : PRINT "YOU GOT ";CO;" OUT OF 6."
1213  IF CO < 3 THEN  PRINT : PRINT "YOU SHOULD TRY AGAIN !": GOTO 1110
1214  IF CO >  = 5 THEN  PRINT : PRINT "EXCELLENT !": GOTO 840
1215  IF CO >  = 3 THEN  PRINT : PRINT "YOU'RE O.K. ": GOTO 840
1216  IF CO < 3 THEN  PRINT : PRINT " YOU SHOULD TRY AGAIN !": GOTO 1110
1220  IF CO <  = 3 THEN  PRINT : PRINT "NOT VERY GOOD,ISN'T IT ?": PRINT : PRINT
 "WANT TO TRY AGAIN ?": PRINT : PRINT "ENTER YOUR CHOICE (Y/N) :": GET N$: IF N$
 = "Y" GOTO 870
1222  IF CO > 3 GOTO 1260
1230  PRINT : PRINT : PRINT "ALRIGHT, YOU CAN HAVE A REST NOW": PRINT : PRINT "B
UT COME BACK FOR MORE PRACTICE SOON.": GOTO 1270
1260  PRINT : PRINT : PRINT "YOU PASSED, CONGRATULATION !"
1270  PRINT : PRINT : PRINT : PRINT : PRINT : PRINT " THIS IS THE END OF THE PRO
GRAM ...."
1280  PRINT : PRINT : PRINT "BYE...BYE...."
1290  END
6000  VTAB 20
6010  PRINT "                    < PRESS ANY KEY TO CONTINUE >"
6020  GET A$
6030  HOME
6040  RETURN
7000  FOR M = 1 TO 8:BI$(M) = "0": NEXT M
7005 CH = 0
7010  FOR N = 8 TO 1 STEP  - 1
7015  IF CH = 3 GOTO 7070
7020 B =  INT (2 ^ (N - 1))
7030  IF CH = 1 AND A < B THEN BI$(N) = "0": GOTO 7070
7040  IF A = B THEN CH = 3:BI$(N) = "1": GOTO 7070
7050  IF A < B THEN CH = 0:BI$(N) = " ": GOTO 7070
7060  IF A > B THEN BI$(N) = "1":CH = 1:A = A - B
7070  NEXT N
7100  RETURN
```

พร้อมนี้ผู้เขียนได้เสนอข้อความ ที่ปรากฏบนจอภาพ ซึ่งเป็นผลจากการ run โปรแกรมในรูปที่ 10 ไว้ เป็นบางส่วน ในรูปที่ 12

ขีดจำกัดและข้อเสนอแนะบางประการ

ขีดจำกัดในการใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ใน การเรียนการสอนนั้น ผู้เขียนเห็นว่ามีขีดจำกัดดังนี้

1) ขีดความสามารถของคอมพิวเตอร์เองเช่น ความสามารถในการสร้างภาพ, ขนาด ของ หน่วยความจำ ซึ่งจะต้องนำมาพิจารณาให้เหมาะสมกับลักษณะของโปรแกรมเป็นกรณีไป

2. เนื่องจาก ขนาด ของ จอภาพ ของไมโครคอมพิวเตอร์ส่วนมาก จะมีขนาดเล็ก คือ ประมาณ 30 ซม. เป็นส่วนใหญ่ การใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ในห้องเรียนขนาดใหญ่จึงไม่ได้ผลดีเท่าที่ควร นอกจากจะใช้จอภาพที่มีขนาดใหญ่ขึ้น หรือใช้เครื่องฉายที่จะฉายภาพจากจอภาพขึ้นไปยังจอใหญ่ เครื่องฉายชนิดนี้มีราคาสูง ถ้าหากมีการคิดค้นทำเครื่องฉายชนิดนี้ให้ได้ในราคาถูก ก็จะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาเป็นอันมาก

3) ในการใช้ Instruction Program นั้น อัตราส่วนระหว่างจำนวนนักศึกษากับ จำนวน เครื่องคอมพิวเตอร์ไม่ควรจะสูงมากนัก เพราะหากอัตรา-ส่วนนี้สูงมากเกินไปแล้ว ก็จะทำให้ผู้เรียนมีโอกาสใช้โปรแกรมได้ไม่ทั่วถึง การแก้ปัญหานี้ก็จะทำได้ โดยการเพิ่มจำนวนคอมพิวเตอร์ให้มากขึ้น กับขยายเวลาในการใช้เครื่องออกไปให้มากที่สุดเท่านั้น

รูปที่ 12 ตัวอย่าง ของการ Run Instruction Program
ที่แสดงรายละเอียดไว้ในรูปที่ 11

```
        BINARY NUMBER SYSTEM

&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&


       THIS MODULE WILL TEACH YOU HOW TO
USE THE BINARY NUMBER SYSTEM
           < PRESS ANY KEY TO CONTINUE >
    (ผู้ใช้โปรแกรมกดแป้นพิมพ์อันใดก็ได้)
     IN THE DECIMAL NUMBER SYSTEM THERE

ARE TEN DIFFERENCE SYMBOLS USED TO MAKE

NUMBERS, AND THEY ARE :

 0  1  2  3  4  5  6  7  8  9

 THIS IS THE SYSTEM WE USE EVERY DAY

           < PRESS ANY KEY TO CONTINUE >



      IN THE BINARY NUMBER SYSTEM THERE

  ARE ONLY TWO SYMBOLS USED. THEY ARE :
```

```
  0 AND 1

  SO COUNTING IS DIFFERENT !
          < PRESS ANY KEY TO CONTINUE >

  THIS IS HOW YOU COUNT IN THE TWO

NUMBER SYSTEMS :

DECIMAL          BINARY

0                  0
1                  1
2                 10
3                 11
4                100
5                101
```

ตัวอย่างจะดำเนินมาเรื่อย ๆ จนถึง.....

```
25              11001

..ETC..        ..ETC..

WOULD YOU LIKE TO SEE THAT AGAIN ?(Y/N)
```

ต่อไปเริ่มมีคำถาม

```
1) HOW MANY SYMBOLS ARE THERE IN THE

BINARY NUMBER SYSTEM ?

YOUR ANSWER :2
```

(ถ้าตอบคำถามผิดจะมีการทบทวนก่อนที่จะถามคำถามต่อไป)

```
GOOD ! NOW LET'S PROCEED ....

          < PRESS ANY KEY TO CONTINUE >
  NOW WE MUST LEARN HOW TO CONVERT

NUMBERS BETWEEN THE TWO SYSTEMS
```

```
          < PRESS ANY KEY TO CONTINUE >
 WHEN WE WRITE 326 IN DECIMAL WE MEAN :

3*100 + 2*10 + 6*1


IN BINARY WHEN WE WRITE 1011 WE MEAN :

1*8 + 0*4 + 1*2 + 1*1
```

คำอธิบายและตัวอย่างจะตามมาแล้วเริ่มมีโจทย์

```
          < PRESS ANY KEY TO CONTINUE >

NOW,LET'S TRY SOME PROBLEMS.....


WHAT IS      100 (BINARY)
 IN DECIMAL NUMBER SYSTEM ?

YOUR ANSWER : ?4

YOU'RE CORRECT....


WHAT IS   110111 (BINARY)

 IN DECIMAL NUMBER SYSTEM ?


YOUR ANSWER : ?54

WRONG !
```

โจทย์จะมีต่อไปตามความเหมาะสม เช่น

```
          < PRESS ANY KEY TO CONTINUE >
NOW LET'S SEE, CAN YOU CONVERT

DECIMAL NUMBER TO BINARY ?


WHAT IS 43 (DECIMAL) WHEN CHANGE

TO BINARY ?
```

ในขั้นสุดท้ายจะเป็นการประเมินผลและ

อาจมีคำชมเชยหรืออื่น ๆ ตัวอย่างเช่น

```
YOU GOT 2 OUT OF 6

NOT VERY GOOD, ISN'T IT ?

WANT TO TRY AGAIN ?

ENTER YOUR CHOICE (Y/N) :
(ผู้ใช้ตอบ "N")
ALRIGHT, YOU CAN HAVE A REST NOW

BUT COME BACK FOR MORE PRACTICE SOON.


THIS IS THE END OF THE PROGRAM ....

BYE...BYE....
```

บทสรุป

ประโยชน์ของการใช้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์เป็นอุปกรณ์ประกอบการสอน นอกจากที่ได้กล่าวไว้บ้างแล้วนั้น ยังอาจจะกล่าวได้อีกว่า ไมโครคอมพิวเตอร์อาจจะใช้เป็นอุปกรณ์การสอนที่ไม่ได้ด้อยไปกว่าอุปกรณ์การสอนชนิดอื่น ๆ เช่น ภาพยนตร์, เทปโทรทัศน์, ภาพนิ่ง ฯลฯ เลย เพราะไมโครคอมพิวเตอร์มีข้อได้เปรียบ คือ เป็นอุปกรณ์ช่วยสอนที่มีความ "ฉลาด" กว่าอุปกรณ์ชนิดอื่น ๆ ซึ่งผู้สอนสามารถดัดแปลงให้ตอบสนองความต้องการของผู้สอน, เนื้อหาวิชา และสภาพทั่วไปของผู้เรียนได้ด้วย และการนำเอาเทคโนโลยีใหม่ ๆ เข้ามาใช้ในห้องเรียน ก็จะเป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความกระตือรือล้น และสนใจในการเรียนเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก

ตัวอย่างหรือแนวความคิดบางประการที่ปรากฏในบทความนี้ อาจจะมีลักษณะเฉพาะในการประยุกต์ใช้กับการสอนในสาขาวิชาฟิสิกส์ แต่ผู้เขียนก็หวังว่าแนวทางที่ได้นำมาเสนอนี้ ก็อาจจะเป็นแนวทางเบื้องต้นที่ผู้สนใจอาจจะนำเอาไปดัดแปลงใช้กับการสอนในวิชาอื่น ๆ ได้ในทุกสาขาวิชา ซึ่งจะเป็นผลดีต่อการศึกษาของชาติต่อไป

เอกสารอ้างอิง

1. คอลัมน์ "ข่าวคอมพิวเตอร์"; ไมโครอีเลคโทรนิคส์, 1 กุมภาพันธ์ 2526 หน้า 16

2. Eiseberge, R., Fundametal of Modern Physics, John Wiley & sons, Inc., 1967 PP.239 - 246.

ลูกแป้งแหล่งเก็บเชื้อจุลินทรีย์

สิรินทรเทพ เต้าประยูร*

ลูกแป้ง หรือบางท้องถิ่นเรียกแป้งเชื้อ หมายถึง ก้อนแป้งที่มีลักษณะ เป็น ครึ่งวงกลม เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3 ซม. (บางแห่งอาจ เล็ก หรือใหญ่กว่านี้) มีสีขาวนวล น้ำหนักเบา ก้อนแป้งนี้ใช้เป็นตัวเริ่มต้นที่ทำให้เกิดขบวนการหมักในเครื่องดื่ม และ อาหารที่รู้จักกันดีเช่นสาโท หรือเหล้าขาว, ข้าวหมาก และน้ำส้มสายชู

การทำลูกแป้ง

การทำลูกแป้งแตกต่างกันไปในแต่ละท้องที่และมักปิดเป็นความลับไม่ยอมถ่ายทอดให้กับผู้อื่น นอกจาก

รูปที่ 1 ลักษณะภายนอกและภายในของลูกแป้ง

ลูกหลานใกล้ชิดเพราะแข่งขันกันในด้านการค้า จึงเป็นที่น่าเสียดายที่บางครั้ง ศาสตร์ ของการทำลูกแป้งในบางแห่งเลือนหายไปตามอายุของผู้ทำ อย่างไรก็ตามก็ยังมีผู้เล็งเห็นคุณประโยชน์ของลูกแป้ง ยอม บอกส่วนประกอบและวิธีการทำลูกแป้งเพื่อให้คนรุ่นหลังได้ศึกษาต่อไป วัตถุดิบใหญ่ ๆ ที่ใช้ในการทำลูกแป้งก็คือแป้งเครื่องเทศ, น้ำและแป้งเชื้อ

แป้งใช้ได้ทั้งแป้งข้าวจ้าว และแป้งข้าวเหนียว บางแห่งก็ใช้เมล็ดข้าวมาบดหรือ ตำกับน้ำให้ละเอียด (เมล็ดข้าวนี้ต้องผ่านการแช่น้ำมาประมาณ 2-3 ชั่วโมง) ถ้าเป็นแป้งควรเป็นแป้งใหม่ไม่มีมอดขึ้น ถ้าเป็นเมล็ดข้าวจะต้องเป็นข้าวดีไม่ขึ้นรา มีเมล็ดสม่ำเสมอไม่เป็นข้าวปน และเมื่อแช่ข้าวต้องซาวเอาละอองข้าวออกให้หมด (1)

เครื่องเทศ ชนิดและปริมาณของเครื่องเทศในแต่ละแห่งก็แตกต่างกันออกไปบ้าง จุดประสงค์ในการใส่เครื่องเทศคือยับยั้งไม่ให้บักเตรีที่ไม่ต้องการเจริญในลูกแป้ง เครื่องเทศที่นิยมใช้กันมาก ได้แก่ชะเอม, ดีปลี, กระเทียม, ข่า, ขิง และพริกไทย ถ้าใช้เครื่องเทศมากเกินไปราและยีสต์ ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่มีบทบาทในลูกแป้ง จะไม่เจริญ ทำให้ลูกแป้งใช้ไม่ได้ผล

*อาจารย์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

น้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุด การใส่น้ำปริมาณมากน้อยแค่ไหนขึ้นอยู่กับความชำนาญของผู้ทำ ถ้าน้ำน้อยเกินไปลูกแป้งจะแตกและแห้ง ถ้าน้ำมากไปแป้งจะเหลวปั้นไม่ได้ การเติมน้ำต้องคำนึงถึงการระเหยออกด้วย เมื่อแป้งได้รับน้ำโปรตีนที่มีอยู่เพียงเล็กน้อยในแป้งจะดูดน้ำไว้ เมื่อนวดจะได้เส้นใยกลูเตนที่ยืดหยุ่นได้ เส้นใยกลูเตนนี้ เป็นโครงสร้างที่สำคัญในการประกอบเป็นรูปร่าง (3)

แป้งเชื้อหรือลูกแป้งข้าวหมากเดิม เป็นตัวเพิ่มปริมาณเชื้อให้กับลูกแป้งที่จะทำใหม่นั่นเอง แป้งเชื้อควรเป็นลูกแป้งใหม่ไม่เก็บไว้นานเกินไป

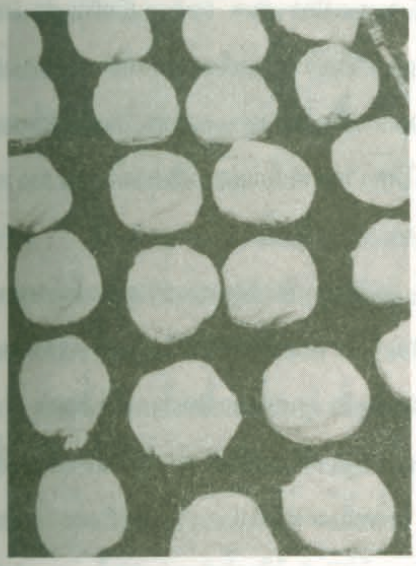
การทำลูกแป้งเริ่มต้นด้วยการนวดแป้ง กับน้ำ ถ้าเป็นข้าวก็นำมาตำกับน้ำจนละเอียด การนวดหรือตำนี้ เป็นการคลุกเคล้าน้ำ ให้แทรกซึม ไปทุกส่วนของแป้ง แล้วใส่เครื่องเทศลงไปตามส่วน ใส่แป้งเชื้อแล้วนวดอีกครั้งให้ทุกอย่างเข้ากันดี อาจทิ้งไว้ให้แป้งขึ้นก่อนจึงนำมาปั้นเป็นก้อน บางแห่งที่ชำนาญแล้วอาจปั้นเลยโดยไม่ต้องทิ้งไว้ก็ได้ วางลูกแป้งที่ปั้นแล้วบนใบตองที่ปูบนกระด้ง หลังจากวางลูกแป้ง จน เต็มกระด้งแล้วโรยแป้งเชื้อปนทับแล้วปิดด้วยกระด้งอีกใบหนึ่งคลุมด้วยผ้าหนา ๆ เพื่อให้มีความร้อน ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง จะพบว่าเส้นใยของเชื้อราขึ้นคลุมเต็มก้อนแป้ง เมื่อเชื้อราขึ้นเต็มที่แล้วเปิดผ้าคลุมออกผึ่งในที่ร่มจนแห้ง จึงนำออกตากแดดแล้วเก็บในภาชนะที่มิดชิดเพื่อใช้ต่อไป (1,8,9)

รูปที่ 2 การนวดแป้งและส่วนผสมอื่น ๆ ให้เข้ากัน

รูปที่ 3 ชั้นบ่มลูกแป้ง

รูปที่ 4 การปั้นลูกแป้งเรียงในกระด้ง

รูปที่ 5 โรยแป้งเชื้อหลังจากปั้นลูกแป้งแล้ว



รูปที่ 6 ลูกแป้งก่อนถูกโรยด้วยแป้งเชื้อ

รูปที่ 7 ลูกแป้งหลังจากโรยด้วยแป้งเชื้อ

วิธีการทำลูกแป้งเท่าที่ได้กล่าวมาอาจดูง่าย ๆ ผู้เขียนเคยลองทำลูกแป้งด้วยตัวเองหลายสิบครั้งก็ยังไม่ได้ผลเหมือนกับลูกแป้งที่ขายตามท้องตลาด ซึ่งแสดงว่าการทำลูกแป้งนี้ต้องอาศัยความชำนาญพิเศษ ความเคยชินและความละเอียดอ่อนเป็นอย่างมาก สิ่งที่น่าสนใจในการทำลูกแป้งเหล่านี้ได้แก่

1. ความสะอาด ภาชนะทุกชิ้นที่นำมาใช้จะต้องสะอาด ผึ่งตากแดดให้แห้งจริง ๆ เพื่อป้องกันการปะปนของเชื้ออื่น

2. ความชื้น เป็นการลำบากมากที่จะควบคุมความชื้นในลูกแป้งได้ แต่ควรมีความพอดีไม่มากหรือน้อยเกินไป

3. อุณหภูมิ เกี่ยวข้องกับความชื้นด้วย ในช่วงที่ทำลูกแป้ง เมื่อเอากระด้งมาปิด และคลุมด้วยผ้าจะทำให้เกิดความชื้นสูงขึ้นเมื่อเชื้อเจริญขึ้นมาจะเกิดความร้อนขึ้นด้วย ถ้าร้อนเกินไปเชื้อก็จะตายและลูกแป้งก็จะเสีย (9)

จุลินทรีย์ในลูกแป้ง

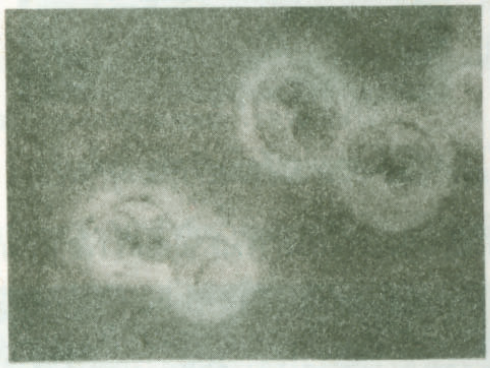
ในสมัยก่อนเรารู้แต่เพียงว่าเมื่อเติมลูกแป้งลงไปในข้าวจะทำให้เกิดการหมักขึ้นต่อมา เมื่อ ความรู้-ทางด้านจุลชีววิทยาเจริญขึ้นจึงมีผู้ศึกษากิจกรรม ดัง - กล่าวและพบว่าตัวการที่ทำให้เกิดการหมักคือจุลินทรีย์ที่อยู่ในลูกแป้งนั่นเอง จุลินทรีย์ส่วนใหญ่ที่พบและมีบทบาทมากก็คือ พวกเชื้อรา และยีสต์ ส่วนบักเตรีนั้นพบบ้างแต่ไม่มากนัก ถ้าพบบักเตรีมากลูกแป้งมักจะมีประสิทธิภาพในการหมักไม่ดี

ลูกแป้งสามารถแบ่งออกได้เป็น สาม ชนิด ตามลักษณะการใช้เพื่อให้ได้ผลผลิตที่ต้องการ คือ

1. ลูกแป้งสุรา ใช้ทำสาโท หรือเหล้าขาว
2. ลูกแป้งข้าวหมาก ใช้ทำข้าวหมาก
3. ลูกแป้งน้ำส้มสายชู ใช้ทำน้ำส้มสายชู

จุลินทรีย์ที่พบในลูกแป้งแต่ละชนิดแตกต่างกันไปด้วย เช่น จุลินทรีย์ในลูกแป้งสุรา จะเป็นเชื้อราในสกุล Rhizopus และ Mucor (2) ซึ่งเป็นเชื้อราที่มีลักษณะเป็นเส้นสาย โปร่ง ลักษณะคล้ายสำลี มีสีขาวถึงเทา สร้างสปอร์แบบไม่มีเพศภายในอับสปอร์ (sporangium) เมื่อทำการหมักสาโท เชื้อราทั้ง 2 สกุลนี้จะให้เอนไซม์ซื่ออมีเลสและกลูโคอมีเลส ย่อย

แป้งหรือข้าวเหนียวเพื่อเปลี่ยนเป็นน้ำตาล ทำให้มีรสหวานเกิดขึ้น นอกจากนี้ยังพบเชื้อยีสต์ในสกุล Saccharomyces เป็นยีสต์รูปไข่ สืบพันธุ์แบบไม่มีเพศโดยวิธีแตกหน่อ (budding) และสืบพันธุ์แบบมีเพศโดยสร้างสปอร์ที่เรียกว่า ascospore รูปกลม 2-4 เซลในถุง ascus (11) Saccharomyces ทำหน้าที่เปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ทำให้เกิดแอลกอฮอล์ขึ้นในสาโทนั่นเอง



รูปที่ 8 Ascospore ของเชื้อ Saccharomyces

ส่วนจุลินทรีย์ในลูกแป้งข้าวหมากนั้น มีกิจกรรมคล้ายกับลูกแป้งสุราแต่เกิดจากเชื้อคนละสกุลกัน จุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญในการหมักข้าวหมากและพบในลูกแป้งคือ เชื้อราในสกุล Amylomyces (11) เป็นเชื้อราที่เปลี่ยนแป้งให้เป็นน้ำตาลโดยใช้เอนไซม์กลูโคอมีเลส เชื้อราสกุลนี้จะสร้างสปอร์ที่ทนต่อความแห้งแล้งเรียกว่า chlamydospore และให้กลิ่นเฉพาะของข้าวหมากด้วย อาจพบ Rhizopus และ Mucor บ้าง ส่วนเชื้อยีสต์จะพบเชื้อในสกุล Endomycopsis และ Hansenula ซึ่งเป็นเชื้อยีสต์ที่เพิ่มกลิ่นหอมให้กับข้าวหมาก (9) อัตราส่วนที่พบเชื้อเหล่านี้คือ Amylomyces 36.50 เปอร์เซนต์ Mucor 17.9 เปอร์เซนต์ Rhizopus 6.9 เปอร์เซนต์ Endomycopsis 37.6 เปอร์เซนต์ และเชื้ออื่น ๆ 1.1 เปอร์เซนต์ (9) สำหรับเชื้อ Endomycopis นั้นยังให้เอนไซม์อมีเลสช่วยในการเปลี่ยนแป้งให้เป็นน้ำตาลด้วย อาจพบ Saccharomyces ซึ่งทำให้ข้าวหมาก มี แอลกอฮอล์ เมื่อ หมัก ข้าว หมากนาน ๆ

ลูกแป้งสุราและลูกแป้งข้าวหมากมีลักษณะคล้ายกันมากบางครั้งแทบจะแยกกันไม่ออกถ้าไม่อาศัยความชำนาญจริง ๆ ลูกแป้งข้าวหมากจะมีกลิ่นหอม น้ำหนักเบา เมื่อบิดูภายในจะโปร่งมีเส้นใยสีขาวของเชื้อรายึดเกาะติดแป้งอยู่ทั่วไป (1) ส่วนลูกแป้งสุราจะหนักกว่าเล็กน้อย มีสีคล้ำกว่า เมื่อบิดูภายในเนื้อค่อนข้างหยาบแต่ก็ยังพบเส้นใยของเชื้อราขึ้นอยู่ทั่วไป

ลูกแป้งน้ำส้มสายชู ในปัจจุบันไม่ค่อยพบมากนัก ส่วนมากมีลักษณะเป็นก้อนใหญ่ ฟู จุลินทรีย์ที่ พบ นอกจากจะเป็นเชื้อราที่เปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลแล้ว จะพบบักเตรีในสกุล Acetobacter หรือที่เรียกกันว่าเชื้อน้ำส้ม ซึ่งเชื้อนี้จะเปลี่ยนแอลกอฮอล์ให้เป็นกรดน้ำส้ม (4)

จุลินทรีย์ชนิดอื่น ที่พบในลูกแป้งได้แก่เชื้อราในสกุล Aspergillus และ Penicillium พบเป็นจำนวนน้อยไม่มีบทบาทในการหมักแต่อย่างใด แต่ถ้าพบเชื้อราเหล่านี้มาก แสดงว่าลูกแป้งถูกเก็บไว้นาน เชื้อราทั้ง 2 ชนิดนี้พบได้ในบรรยากาศทั่วไป บักเตรีในลูกแป้งอาจพบเชื้อสกุล Bacillus บ้าง นอกจากนี้บางครั้งยังพบเชื้อสกุล Lactobacillus ซึ่งเป็นบักเตรีที่สร้างกรดแลคติก ทำให้ขบวนการหมักนั้นเกิดรสเปรี้ยวที่เราไม่ต้องการได้ (7)

ลูกแป้งเก็บเชื้อจุลินทรีย์ได้อย่างไร

เมื่อพิจารณาลักษณะ ของลูกแป้งจะเห็นได้ ว่ามีลักษณะแห้ง เมื่อบดจะกลายเป็นผงซึ่งแสดงว่าแทบจะไม่มีความชื้นอยู่เลย ถ้าเช่นนั้นจุลินทรีย์เหล่านี้

สามารถอยู่ได้อย่างไร? การจะตอบคำถามนี้ต้องย้อนไปถึงขบวนการทำลูกแป้ง ขณะที่ผสมน้ำกับแป้งแล้วปั้นเป็นก้อนโรยทับด้วยแป้งเชื้อนั้น ก้อนแป้งนี้จะถูกบ่มในกระด้งที่ถูกปิดด้วยผ้าหนา ๆ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งเป็นสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมเป็นอย่างมากสำหรับการเจริญของจุลินทรีย์ ผ้าที่คลุมช่วยไม่ให้ความชื้นระเหยออกไปมากเกินควร หรือเร็วเกินไป เชื้อจุลินทรีย์จากแป้งเชื้อสามารถเจริญซอนไชเข้าไปถึงข้างในลูกแป้ง ถ้าเป็นเชื้อราก็จะสร้างเส้นใยและสปอร์ ถ้าเป็นยีสต์ก็จะแตกหน่อ เมื่อครบ 24 ชั่วโมง ลูกแป้งที่มีจุลินทรีย์เจริญเต็มที่นี้จะถูกนำมาตากแดด ซึ่งจะทำให้น้ำในลูกแป้งระเหยไปอย่างรวดเร็ว ประกอบกับอุณหภูมิสูงเป็นสภาพที่ไม่เหมาะสมกับการเจริญของจุลินทรีย์, เชื้อราจะเปลี่ยนจากการสร้างเส้นใยมาสร้างสปอร์ (chlamydospore) ที่ทนต่อความแห้งแล้งได้ และเชื้อยีสต์ก็จะสร้างascospore หรือสร้าง durable cell ที่สามารถทนต่อสภาพแห้งแล้ง ดังนั้นเมื่อลูกแป้งแห้งสนิทจุลินทรีย์เหล่านี้จะอยู่ในรูปที่สามารถทนต่อสภาพแวดล้อมที่ ไม่เหมาะสมได้นาน ๆ และพร้อมที่จะเจริญอีกครั้งเมื่อพบความชื้นและแหล่งอาหาร ด้วยเหตุนี้เองจึงทำให้ลูกแป้งสามารถเป็นแหล่งเก็บรักษาเชื้อจุลินทรีย์ได้

ทฤษฎีของการเก็บรักษาเชื้อจุลินทรีย์

การเก็บรักษาเชื้อจุลินทรีย์ในรูปของลูกแป้งนี้มีมาตั้งแต่สมัยโบราณ เมื่อเทียบกับการเก็บเชื้อในปัจจุบันเช่นการเก็บเชื้อในดินปลอดเชื้อซึ่งกระทำโดยนำดินมาบรรจุในภาชนะแล้วทำให้ปราศจากเชื้อ(sterilization) จากนั้นจึงหยดน้ำที่มีสปอร์ของเชื้อราลงไป 2-3 หยด นำเข้าตู้อบความชื้น (desiccator) เพื่อให้ดินแห้งสนิทแล้วจึงผนึกภาชนะเก็บไว้ในตู้เย็น วิธีนี้สามารถเก็บเชื้อไว้ได้นานหลายปี (12) หรือวิธีที่ใช้เทคโนโลยีสูงขึ้นคือ การเก็บเชื้อจุลินทรีย์โดยวิธี freeze-drying หรือ lyophilization โดยแบ่งการทำเป็น 2 ขั้นตอน คือนำเอาจุลินทรีย์ที่ต้องการเก็บมาทำให้เย็นจัดจนแข็ง (freeze) เสียก่อนแล้วจึงนำมาทำให้แห้ง โดยใช้ สูญญากาศเข้าช่วย (12) ทั้ง 2 วิธีนี้ต่างก็มีหลักการเดียวกันคือ การทำให้แห้งเพื่อให้จุลินทรีย์เข้าสู่ภาวะชงักงัน แทบ จะไม่มี metabolic rate เลยหรือมีแต่น้อยมากและไม่มีการเจริญเติบโต (12) เช่นเดียวกับสปอร์และ durable cell ของจุลินทรีย์ในลูกแป้ง ด้วยหลักการที่เหมือนกันนี้เราสามารถ ที่ จะกล่าวได้ว่าลูกแป้งเป็นวิธีการหนึ่งสำหรับเก็บรักษาเชื้อจุลินทรีย์นั่นเอง

อย่างไรก็ตาม การเลือกวิธีเก็บ เชื้อจุลินทรีย์ชนิดใดต้องขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางธรรมชาติ ของ จุลินทรีย์ชนิดนั้นด้วย จุลินทรีย์ชนิดเดียวกันแต่เก็บด้วยวิธีต่างกันอาจจะให้ผลในการเก็บไม่เหมือนกัน

ประสิทธิภาพของลูกแป้ง

นอกเหนือจากการเก็บรักษาเชื้อ จุลินทรีย์ แล้ว ลูกแป้งยังมีปรากฏการณ์ทางจุลชีววิทยา อีก อย่างหนึ่ง นั่นคือ การคัดเลือกเชื้อตามธรรมชาติ การทำลูกแป้งหลาย ๆ ครั้งซ้ำแล้วซ้ำอีก ทำให้เกิดการเจริญของจุลินทรีย์หลายชั่วอายุ (generation) ซึ่งอาจทำให้มีการผ่าเหล่า (mutation) หรือมีการแลกเปลี่ยนสารพันธุกรรม (genetic exchange) ทำให้ได้เชื้อที่มีประสิทธิภาพในการหมัก แตกต่างกัน ออกไปสู่แน่นอนลูกแป้งนั้นจะต้องถูก เก็บไว้สำหรับเป็นแป้งเชื้อต่อไป อันเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการคัดเลือก เชื้อที่มีประสิทธิภาพดีตามธรรมชาติเกิดขึ้น ลูกแป้งจากแต่ละแห่งจะมีประสิทธิภาพในการหมักแตกต่างกันไป ขึ้น อยู่กับประสิทธิภาพของจุลินทรีย์นั่นเอง นอกจากนี้ลูกแป้งที่จะให้ประสิทธิภาพในการหมักสูงควรเป็นลูกแป้งที่ทำ

เสร็จใหม่ ๆ เก็บไว้ไม่นาน ในสภาพปกติลูกแป้งอาจมีอายุการใช้งานได้ถึง 1-2 เดือน ผู้เขียนเคยเก็บลูกแป้งไว้ในถุงพลาสติกในตู้เย็นอุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส นานถึงปีครึ่งก็ปรากฏว่าลูกแป้งยังคงมีประสิทธิภาพดี

จุลินทรีย์ในลูกแป้งได้ถูกเก็บรักษาไว้ตามวิธีพื้นเมืองในสภาพของลูกแป้งมานานหลายชั่วอายุคนแล้ว เชื้อเหล่านี้ล้วนเป็นเชื้อที่มีคุณค่า มีประสิทธิภาพในการหมักสูง เพราะล้วนแต่ได้รับการคัดเลือกตามธรรมชาติมาแล้วทั้งสิ้น นอกเหนือจากการใช้ประโยชน์ในการทำเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ หรืออาหารหมักแล้ว น่าจะนำจุลินทรีย์เหล่านี้มาใช้ประโยชน์ทางด้านอื่นเช่นการใช้เอนไซม์อมีเลสและกลูโคอมีเลสในการย่อยแป้ง, การคัดเลือกสายพันธุ์ยีสต์ เพื่อผลิตแอลกอฮอล์ (5) ฯลฯ จึงเป็นที่หวังว่าในอนาคตอันใกล้นี้จุลินทรีย์จากลูกแป้งคงจะมีบทบาทที่สำคัญในวงการจุลชีวอุตสาหกรรม และจุลชีววิทยาทางอาหารอย่างแน่นอน และเมื่อถึงเวลานั้นจุลินทรีย์ในลูกแป้งเหล่านี้จะมีส่วนสำคัญในการช่วยพัฒนาประเทศอีกด้านหนึ่ง

เอกสารอ้างอิง

1. กฤษณามรวิสิต, ชุน. (2490) "ข้าวหมาก", สามิตสาร. 7(2) : 75 - 74.
2. กรองแก้ว พูนสวัสดิ์, (2516) การศึกษาจุลินทรีย์ในลูกแป้งข้าวหมาก กรุงเทพฯ. ปัญหาพิเศษจุลชีววิทยา 598. คณะวิทยาศาสตร์และอักษรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
3. โหรกิรติ์.(2521) "แป้งทำขนม", สตรีสาร. 31(2) : 114 - 115.
4. นภา โลห์ทอง. (2520) "น้ำส้มสายชู". ข่าวสารเกษตรศาสตร์ 22(4) : 70 - 75.
5. ปทุมพร ฉิมเอนก, ปราโมทย์ ธรรมรัตน์ และประดิษฐ์ ครุวัฒนา, (2525) "การรวบรวมยีสต์สายพันธ์ดีในประเทศไทยและการคัดเลือกสายพันธ์เพื่อการผลิตแอลกอฮอล์", วารสารชมรมผู้หมักแอลกอฮอล์แห่งประเทศไทย. 1(1) : 40 - 43.
6. มนตรี เชาวน์สังเกตุ. (2521) การคัดเลือกสายพันธ์ยีสต์และราเพื่อใช้ในการผลิตไวน์ข้าว, กรุงเทพฯ วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
7. มนตรี เชาวน์สังเกตุ. (2525) "ลูกแป้ง". วารสารชมรมผู้หมักแอลกอฮอล์แห่งประเทศไทย. 1(1) : 21 - 22.
8. วรชิน สถิตนิมากรล. (2493) "แป้งเชื้อทำสุรา". วิทยาศาสตร์ 4 (7) : 384 - 387.
9. สิรินทรเทพ ภักดีศุภผล. (2523) การหมักข้าวหมากด้วยเชื้อบริสุทธิ์. กรุงเทพฯ วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
10. Ainsworth, G.C.; F.K. Sparrow.and A.S.Sussman. (1973).The Fungi an Advanced Treatise. New York, Academic Press.
11. Ellis, J.J.; L.J.Rhodes. and C.W.Hesseltine. (1976) "The Genus Amylomyces," Mycologia. 68: 131-143.
12. Lapage, S.P.; J.E.Shelton.; T.G.Mitchell. and A.R.Mackenzie.(1970) "Culture Collection and Preservation of Bacteria". Method in Microbiology. Vol. 3 A. edited by J.R.Norris. and D.W.Ribbons, Academic Press, London. 135 - 227.

วารสารวิทยาศาสตร์ มข. ปีที่ ๑๑ ฉบับที่ ๒ เม.ย. - มิ.ย. ๒๕๒๖

เทอราโตเจน สารก่อความพิการแก่ทารก ที่นักเคมีควรรู้จัก

นิตยา ธีรมงคล*

ความพิการที่เกิดขึ้นแก่ทารกเป็นเรื่องที่เราได้รู้ได้เห็นกันบ่อย ๆ ทั้งจากข่าวและจากประสบการณ์ของเราเอง เกี่ยวกับเรื่องนี้ได้มีรายงานจากประเทศต่าง ๆ (รวมทั้งสหรัฐอเมริกาและประเทศไทย) ว่าทารกที่เกิดใหม่ประมาณร้อยละ 2 ถึง ร้อยละ 3 มีความพิการถึงขั้นต้องได้รับการรักษาจากแพทย์ ทารกที่พิการเหล่านี้มีความผิดปกติมาตั้งแต่อยู่ในครรภ์ โดยที่ประมาณ 1 ใน 3 จะปรากฏอาการผิดปกติเมื่อแรกเกิด ที่เหลือจะปรากฏอาการเมื่อทารกเจริญวัยขึ้น ดังนั้นจึงสมควรอย่างยิ่งที่เราจะต้องศึกษาหาสาเหตุที่ทำให้ทารกพิการ อันจะเป็นแนวทางปรับปรุงสุขภาพของทารกตั้งแต่อยู่ในครรภ์ เพื่อทารกนั้นจะได้เติบโตเป็นผู้ใหญ่ที่มีสุขภาพ แข็งแรง สมบูรณ์ ต่อไป เพราะ เด็ก คือทรัพยากรที่ทรงคุณค่ายิ่งของโลก

เดิมทีเดียวคนเราทุกชาติทุกภาษา มี ความเชื่อกันว่า การที่คนพิการมาแต่กำเนิด เนื่องมาจากการเสพสมพาสกับยักษ์มารหรือสัตว์เดรัจฉาน บางทีก็เชื่อว่า เนื่องมาจากเวรกรรมต่าง ๆ นานา ในปัจจุบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเจริญขึ้นทำให้เราพอจะทราบว่า ประมาณร้อยละ 5 ของทารกที่พิการเนื่องมาจากความผิดปกติของโครโมโซม (chromosome aberrations)ประมาณร้อยละ 10 เนื่องมาจากการผ่าเหล่าของหน่วยถ่ายทอดพันธุกรรม (gene mutations) และน้อยกว่าร้อยละ 3 เป็นผลเนื่องมาจากสารเคมี จะเห็นได้ว่าเรายังไม่ทราบถึงสาเหตุส่วนใหญ่ที่ทำให้เกิดความพิการในทารก เรื่องนี้กำลังเป็นที่น่าสนใจเป็นอย่างมาก ผู้ที่ศึกษาเรื่องนี้คิดว่า สิ่งที่ก่อให้เกิดความพิการแก่ทารกน่าจะเป็นสารอันตรายจากสิ่งแวดล้อม (ส่วนมากเป็นสารเคมี) หรืออาจจะเป็นสารเคมีสามัญต่าง ๆ ที่คนได้รับอยู่ทุกวันก็ได้ เช่น เอทธิลแอลกอฮอล์ คาร์บอนโมนอกไซด์ คาเฟอีนจากเครื่องดื่ม ยาที่แพทย์สั่ง เป็นต้น สารที่เป็นเหตุ ทำให้เกิดความพิการในทารกแรกเกิดนี้เรียกว่าเทอราโตเจน (teratogen)

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าสารเคมีเป็นสาเหตุหนึ่งของความพิการในทารก ดังนั้นบทความนี้ควรที่นักเคมีและผู้ที่ทำงาน เกี่ยวข้อง กับสารเคมีควรจะต้องสนใจเป็นพิเศษเพราะเป็นผู้ที่สัมผัสกับสารเคมีชนิดต่าง ๆ มากกว่าคนโดยทั่วไป เพื่อให้รู้จักใช้สารเคมีอย่างระมัดระวังไม่ให้เกิดภัยแก่ตนเอง และเพื่อที่จะได้เผยแพร่ตักเตือนผู้อื่นด้วย

เทอราโตเจนคืออะไร

คำว่า เทอราโตเจน เป็นคำที่ใช้เรียกสารทั้งหลายที่เป็นสาเหตุทำให้สิ่งมีชีวิตมี รูปร่างผิดปกติ

* อาจารย์ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

หรือพิกลพิการ ศาสตร์ที่ศึกษาเกี่ยวกับการมีรูปร่างพิกลพิการของสิ่งมีชีวิตคือ เทอราโตโลยี (Teratology) ซึ่งคำนี้ยังไม่มีศัพท์บัญญัติเป็นภาษาไทย ผู้เขียนจึงใคร่ขอเสนอให้ใช้ชื่อวิชานี้ว่า ทุรลักษณ์วิทยา [Tera (C) monster = อสุรกาย หรือ ทุรลักษณ์ (ส) และ logos (G) = วิทยา (ส)] และขอเสนอให้เรียกสารที่เป็นเทอราโตเจนว่าสารทุรลักษณ์ แต่เนื่องจากคำที่เสนอมานี้ยังไม่เป็นที่ยอมรับ บทความนี้จะขอใช้คำในภาษาอังกฤษดังเดิมไปก่อน

ตัวอย่างของเทอราโตเจน ซึ่งเป็นที่รู้จักกันดีและเป็นสิ่งชวนให้สะเทือนขวัญไปทั่วโลกคือ ธาลิโดไมด์ (thalidomide, $C_{13}H_{10}N_2O_4$) และ สารประกอบของปรอทที่ทำให้เกิดโรคมินามาตะ (Minamata disease) ผู้ที่ศึกษาเกี่ยวกับความพิการของสิ่งมีชีวิตตระหนักดีว่า ความพิการของทารกอาจเกิดขึ้นได้ในระหว่างที่อยู่ในครรภ์มารดา เนื่องจากมารดารับเอาเทอราโตเจนเข้าไปโดยที่เทอราโตเจนนั้นอาจจะเป็นยาสามัญที่แพทย์สั่งจ่ายให้กับสตรีมีครรภ์นั่นเอง ดังเช่นยาธาลิโดไมด์นี้เคยใช้เป็นยาสำหรับแก้อาการแพ้ท้องหรือ ใช้เป็นยาระงับประสาทอย่างหนึ่ง แต่กลับมีผลทำให้ทารกที่เกิดมามีแขนขาด้วนกุดไปหรือมีแขนขาสั้นคล้ายแมวน้ำ(เรียกโรคนี้ว่าphocomelia หรือ seal limbs)

อันตรายของเทอราโตเจน

ดังได้กล่าวแล้วว่า เทอราโตเจนเป็นสารที่ทำให้ทารกเกิดมาพิการ ความพิการของทารกมีได้สองประเภทคือ ความพิการทางรูปร่าง (malformations)และ ความพิการเกี่ยวกับการทำงานของระบบต่าง ๆ (malfunctions) ความพิการทางรูปร่างได้แก่ แฝดร่างกายติดกัน คนสองหัว คนแคระ เป็นต้น ความพิการเหล่านี้จะปรากฏให้เห็นในทารกแรกเกิดเลยทีเดียว แต่เดิมเคยเชื่อกันว่าความพิการเหล่านี้เป็นผลเนื่องมาจาก สภาพจิตใจของแม่ในขณะตั้งครรภ์ เช่นถ้าแม่เกิดการสะดุ้งตกใจกลัวเนื่องจากกระต่ายจะทำให้ลูกที่เกิดมาปากแหว่ง ปัจจุบันเชื่อว่าเกิดจากการที่แม่ได้รับเทอราโตเจนเข้าไปในขณะตั้งครรภ์ ตัวอย่างความพิการเกี่ยวกับการทำงานของระบบต่าง ๆ เช่น ความผิดปกติทางสมอง และโรคมินามาตะอันเป็นผลเนื่องมาจากพิษของสารประกอบปรอททำให้เด็กเป็นอัมพาต แต่ไม่ปรากฏอาการให้เห็นเมื่อแรกเกิด อาการจะไปแสดงออกให้เห็นอย่างเด่นชัดเมื่อเด็กมีอายุอยู่ในวัยเรียนชั้นมัธยมศึกษา เป็นต้น

อันตรายของเทอราโตเจนที่ก่อให้เกิดความพิการแก่ทารกนั้น เชื่อว่า เริ่มเกิดขึ้นเมื่อสตรีมีครรภ์ได้รับสารนั้นเข้าสู่ร่างกาย เกี่ยวกับเรื่องนี้ได้มีบทความมากมายที่ลงตีพิมพ์ในข่าวสารเคมีและวิศวกรรม ส่วนมากจะพยายามเน้นให้เห็นว่า หญิงที่กำลังตั้งครรภ์ มักจะได้รับสารที่เป็นเทอราโตเจนจากสถานที่ทำงาน ถึงแม้จะเป็นปริมาณที่ไม่มากพอที่จะทำลายชีวิตของผู้เป็นแม่ แต่เทอราโตเจนปริมาณนั้นสามารถทำอันตรายแก่ทารกที่จะเกิดมาได้ เนื่องจากทารกในครรภ์มีความบอบบาง และมีความไวต่อเทอราโตเจนมากกว่าผู้ใหญ่นั่นเอง ความพิการของทารกอาจเนื่องมาจากทางฝ่ายบิดาก็ได้เช่นเดียวกัน โดยที่ถ้าบิดาของทารกนั้นได้รับสารเคมีบางชนิดเข้าสู่ร่างกาย สารเคมีนั้นอาจทำลาย หรือ เปลี่ยนแปลงลักษณะ ของอสุจิ จึงทำให้ทารกที่เกิดมามีลักษณะพิกลพิการ แต่สารเคมีที่บิดาได้รับนั้น กลับเรียกว่า สารก่อการผ่าเหล่า (mutagens)

ปัจจุบันได้มีผู้พยายามจำแนก สาร พิษ ออก เป็นเทอราโตเจน สารก่อการผ่าเหล่า และ สารก่อมะเร็ง (carcinogens)แต่โดยความเป็นจริงแล้วเราไม่สามารถแยกประเภทของสารเหล่านี้ออกจากกันได้โดยเด็ดขาด ตามบัญชีรายชื่อสารเคมีที่ก่อให้เกิด

ความพิการแก่ทารกของเมเยอร์และเมเยอร์(1980) นั้นปรากฏว่า รายชื่อเทอราโตเจน 527 ชนิด เป็นสารก่อมะเร็งด้วย 156 ชนิด บัญชีรายชื่อแสดงสารก่อการผ่าเหล่า บางอันเหมือนกันกับบัญชีรายชื่อแสดงเทอราโตเจน ดังนั้น เพื่อความปลอดภัยที่สุดคือพยายามหลีกเลี่ยง หรือ ถ้าจำเป็นต้องใช้สาร ทั้งสามประเภทนั้น ก็ให้ใช้ด้วยความระมัดระวัง และควรรู้จักวิธีป้องกันอันตรายอันอาจจะเกิดขึ้นได้

การจำแนกประเภทของเทอราโตเจน

ด้วยความตระหนักถึงภัยอันอาจจะมีขึ้นแก่เผ่าพันธุ์มนุษย์ เบเลอร์และเมเยอร์ (1982) ได้ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการค้นหาสารพิษที่จัดว่าเป็นเทอราโตเจน นอกจากนั้นยังมีรายงานประจำปีในเอกสารประมวลผลของพิษอันเนื่องมาจากสารเคมี (Registry of Toxic Effects of Chemical Substances, RTECS) ที่จัดพิมพ์โดยสถาบันความปลอดภัยและสุขภาพ ในการดำเนินอาชีพแห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH) พบว่า มีสารที่เป็นเทอราโตเจนอยู่ทั้งสิ้น 527 ชนิดด้วยกัน โดยเหตุที่เบเลอร์และเมเยอร์ (1982)คาดว่า จะมีการค้นคว้าวิจัยเกี่ยวกับเทอราโตเจนมากขึ้น จึงได้เสนอวิธีการจำแนกเทอราโตเจนออกเป็น 2 ประเภท โดยอาศัยหลักเกณฑ์ต่างกันคือ การจำแนกประเภทโดยอาศัยโครงสร้างทางเคมีของเทอราโตเจน ดังแสดงในตารางที่ 1 และอีกประเภทหนึ่งเป็นการจำแนกประเภทตามลักษณะการใช้งาน ดังแสดงในตารางที่ 2 สารประกอบดังแสดงในตารางทั้งสองนั้น มักเป็นสารประกอบที่สังเคราะห์ขึ้นในห้องปฏิบัติการ โดยมีวัตถุประสงค์ต่าง ๆ กัน เช่นเพื่อศึกษาวิจัยทางด้านชีวแพทย์ เพื่อศึกษากลไกในการทำงานของสาร เป็นต้น

ตารางที่ 1 การจำแนกเทอราโตเจนโดยอาศัยโครงสร้างทางเคมี (Classification of Teratogens by Chemical Structures) (Beyler and Meyers, 1982)

อะไครเลต และ เมทธาไครเลต (Acrylates and Methacrylates)

แอลคาลอยด์ [3] (Alkaloids)

เอไมด์ และ ซัลโฟนาไมด์ [1](Amides and Sulfonamides)

เอมีน และ เกลือแอมโมเนียม[1](Amines and Ammonium Salts)

สารประกอบเอโซ และ ไฮดราซีน [2](Azo compounds and Hydrazines)

คาร์บาเมต และไธโอคาร์บาเมต (Carbamates and Thiocarbamates)

คลอริเนทเตด และ โพลีนิวเคลียร์ ไฮโดรคาร์บอน[4] (Chlorinated and Polynuclear Hydrocarbons)

โลหะหนัก[4] (Heavy Metals)

อินแดนดิโอน (Indandiones)

อิไมด์[1,2] (Imides)

สารประกอบไนโตรโซ[2](Nitroso compounds)

เฟนนิลไธลามีน (Phenethylamines)

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ไพเพอราซีน[3] (Piperazines)

โพลีเพปไทด์[1] (Polypeptides)

พิวรีน และไพริมิดีน[3](Purines and Pyrimidines)

ซาลิไซเลต (Salicylates)

สเตอรอยด์ (Steroids)

ซัลเฟอร์ เฮเทอโรไซเคิล (Sulfur Heterocycles)

ไธโอฟอสเฟต(Thiophosphates)

ไทรอาซีน[2] และ ไทรอาซิน [3](Triazenes and Triazines)

ยูเรีย[1] (Ureas)

---

[1] ขัดขวางการทำงานของฮอร์โมนและ หรือ การทำงานของปมประสาท

[2] ทำให้การแบ่งเซลผิดปกติ

[3] มีผลต่อการทำงานของระบบต่าง ๆ ในร่างกาย

[4] เป็นสารก่อมะเร็ง

ตารางที่ 2 การจำแนกเทอราโตเจนตามลักษณะการใช้งาน (Classification of Teratogens by Biological Activities)(Beyler and Meyers, 1982)

ยาปฏิชีวนะ[1] (Antibiotics)

สารกันเลือดแข็ง[2] (Anticoagulants)

ยาแก้โรคลมบ้าหมู (Antiepileptics)

สารต่อต้านฮิสตามีน(Antihistamines)

ยาต่อต้านเนื้องอก [1] (Antineoplastics)

ยายับยั้งโรคจิต (Antipsychotics)

สารควบคุมความดันเลือด : ยาขยายหลอดเลือด ยากดหลอดเลือด[2]

(Blood Pressure Regulators:Vasoconstrictors,Vasodilators)

สารก่อมะเร็ง (Carcinogens)

ยากดประสาท:ยาสลบ ยาชา ยานอนหลับ ยาระงับประสาท และยากล่อมประสาท[3]

(CNS Depressants:Anaesthetics,Analgesics,Hyponotics,Sedatives and Tranquilizers)

ยากระตุ้นประสาท สารต้านยากดประสาท[3](CNS Stimulants,Antidepressants)

ยาขับปัสสาวะ (Diuretics)

สารอุดปมประสาท (Ganglion Blocking Agents)

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ฮอร์โมน ยาต้านฤทธิ์ฮอร์โมนและอนุพันธ์ของมัน (Hormones, Antihormones and Derivatives)

ยากำจัดศัตรูพืช (ยาปราบวัชพืช ยากำจัดเชื้อรา ยาฆ่าแมลง)[5]

(Pesticides: Herbicides, Fungicides, Insecticides)

ยาระงับอาการประสาทหลอน[3] (Psychotomimetics or Halluciogens)

วิตามินที่ละลายได้ในไขมัน (Fat soluble vitamins)

---

[1] ทำให้การเจริญเติบโตของเซลและการแบ่งเซลผิดปกติ ยาบฏิชีวนะได้แก่ แอคติโนมัยซินดี (actinomycin D) ไมโตมัยซิน ซี (mitomycin C) เตตราไซคลิน (tetracyclin) ยาต่อต้านเนื้องอกได้แก่ วินคริสทีน (vincristine) และ วินบลาสทีน (vinblastine)

[2] ผลต่อระบบหมุนเวียนโลหิต เช่น แองกิโอเทนซิน (angiotensin) แบรดิไคนิน (bradykinin) เป็นยาขยายหลอดเลือด รีเซอพีน (reserpine) เป็นยาลดความดันโลหิต คูมาริน (coumarin) เป็นสารกันเลือดแข็งตัว

[3] มีผลต่อการทำงานของระบบประสาท ยาเหล่านี้มีส่วนผสมของบาร์บิทูเรต (barbiturates) มีโพรบาเมต (meprobamate) และคลอร์โพรมาซิน (chlorpromazine) ยาแก้โรคลมบ้าหมู มี ไฮแดนโทอีน (hydantoins) บาร์บิทูเรต ซัคซินิไมด์ (succinimides) และ ออกซาโซลิดิน (oxazolidines) ยาระงับประสาท มี แอลเอสดี (LSD) และเมสคาลีน (mescaline) ยากระตุ้นประสาท มี แคนนาบิส (cannabis) และเตตราไฮโดรแคนนาบินอล (tetrahydrocannabinol)

[4] ในยาขับปัสสาวะมี ไธไดอาโซล (thiadiazoles) และ แซนธีน (xanthines)

[5] ยาปราบวัชพืช มี 2,4,5-T และ 2,4-D ยาฆ่าแมลง มักจะเป็นสารพวก คาร์บาเมต คลอริเนทเตดไฮโดรคาร์บอนและไธโอฟอสเฟต

การจำแนกประเภทของเทอราโตเจนตามหลักเกณฑ์ดังกล่าวข้างต้นนั้นเป็นไป เพื่อเปิดช่องทางการวิจัยค้นคว้าให้กว้างออกไปในหมู่นักเคมีและนักวิทยาศาสตร์สาขาอื่น ๆ ตารางที่ 3 แสดงเทอราโตเจนบางตัวที่เป็นสารเคมีสามัญที่ใช้กันอยู่เป็นประจำ ควรที่ผู้เกี่ยวข้องกับสารเคมี พึงสังวรณ์ไว้ด้วยว่า สารเคมีเหล่านี้ แม้ไม่ทำลายสุขภาพของสตรีมีครรภ์ แต่ก็อาจก่อให้เกิดอันตรายแก่ทารกได้

ตารางที่ 3 สารเคมีสามัญบางตัวที่เป็นเทอราโตเจน (Beyler and Meyer, 1982)

กรดอะไครลิก (Acrylic Acid)

แอนนิลีน (Aniline)

เบนซีน (Benzene)

2-บิวทาโนน (2-Butanone)

แคดเมียม (Cadmium)

คาร์บอน โมนอกไซด์ (Carbon Monoxide)

คาร์บอน เตตราคลอไรด์ (Carbon Tetrachloride)

ตารางที่ 3 (ต่อ)

คลอโรฟอร์ม (Chloroform)

ไดเฟนนิลลามีน(Diphenylamine)

ดีเอมเอฟ (DMF)

ดีเอมเอสโอ(DMSO)

เอทธานอล (Ethanol)

ฟอร์มาลดีไฮด์ (Formaldehyde)

ไกลซิโนไนไทรล์ (Glycinonitrile)

เฮกซะคลอโรเบนซีน (Hexachlorobenzene)

กรดไอโอโดอะซิติก (Iodoacetic Acid)

ตะกั่ว

ปรอท

ไนโตรเบนซีน (Nitrobenzene)

ไนตรัสออกไซด์ (Nitrous Oxide)

ฟีนอล (Phenol)

โพลีคลอริเนทเตด และโพลีโบรมิเนทเตด ไบเฟนนิล (พีซีบี และพีบีบี) (Polychlorinated and Polybrominated biphenyls(PCB and PBB)

กรดซาลิไซคลิก (Salicyclic Acid)

โทลูอีน (Toluene)

ข้อคิดเห็นบางประการเกี่ยวกับเทอราโตเจน

สรุปได้ว่า เทอราโตเจนนั้นอาจเป็นสารเคมีอันเป็นที่รู้จักกันดีเฉพาะในหมู่นักเคมีหรือผู้ที่เกี่ยวข้อง (ดังแสดงในตาราง 1 และ 2)หรืออาจเป็นสารเคมีที่คนทั่วไปคุ้นเคยอยู่ในชีวิตประจำวันเช่น แอลกอฮอล์ แอสไพริน คาเฟอีน นิโคติน น้ำตาลพวกแลคโตส กาแลคโตส ตลอดจนวิตามินชนิดที่ละลายได้ดีในไขมัน (วิตามิน เอ และ ดี) สารเหล่านี้ถ้าสตรีมีครรภ์รับเข้าสู่ร่างกายในปริมาณที่มากเกินไป จะก่อให้เกิดอันตรายต่อทารกได้ การที่จะบอกว่า สารใดเป็นเทอราโตเจน และร่างกายต้องรับเข้าไปเป็นปริมาณเท่าใดนั้น ยังเป็นเรื่องที่ต้องศึกษาค้นคว้าและวิจัยต่อไปอีกมาก

อนึ่ง เกี่ยวกับวิธีการศึกษาค้นคว้าและวิจัยที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันนี้ ก็ยังมิใช่วิธีการที่สามารถนำไปบ่งชี้ได้อย่างแน่นอนว่า สารชนิดใด ปริมาณเท่าใด จึงจะมีผลทำให้ทารกเกิดมาพิกลพิการ ที่เป็นเช่นนี้เพราะ ในการทดลองศึกษาผลของเทอราโตเจนนั้นมักจะใช้ หนู หรือ กระต่าย เป็นสัตว์ทดลอง สัตว์เหล่านี้มีความแตกต่างจากคนทั้งทาง ด้านสรีระวิทยา

และวิวัฒนาการของระบบต่าง ๆ เช่น มีระบบรกที่ด้อยวิวัฒนาการกว่าคน เป็นต้น นอกจากนั้นวิธีการที่สารเคมีเข้าสู่ร่างกายคนกับสัตว์ทดลองก็ แตกต่างกัน คนเราโดยมากรับสารที่เป็นเทอราโตเจน โดยการรับประทานหรือสูดดมเข้าไป ส่วนสัตว์ทดลองรับสารโดยฉีดเข้าทางเส้นเลือด เช่นนี้ย่อมแน่นอนเหลือเกินว่า สัตว์ต้องรับสารในปริมาณที่มากกว่าที่ควรจะเป็นไปตามธรรมชาติ ลูกของสัตว์ทดลองจึงมีโอกาสที่จะพิการได้มากกว่า นี่เองเป็นสาเหตุของความคลาดเคลื่อนของผลการวิจัย ดังนั้น สารที่พบว่าเป็นเทอราโตเจนในสัตว์ อาจจะไม่เป็นเทอราโตเจนในคนก็ได้

บทความนี้ ขอย้ำความจริงที่ว่า มนุษย์เรายังมีความรู้เกี่ยวกับเทอราโตเจนน้อยเหลือเกิน ในขณะที่ภัยที่เกิดจากเทอราโตเจนนั้นมีอยู่อย่างมากมาย ก่อให้เกิดทุกขเวทนาแก่เพื่อนมนุษย์ด้วยกัน เมื่อคำนึงถึงข้อนี้ จึงใคร่ขอให้ นักเคมีหรือผู้ที่ทำงานเกี่ยวข้องกับสารเคมี โดยเฉพาะอย่างยิ่งสตรีมีครรภ์ ควรจะต้องเพิ่มความระมัดระวังในการใช้สาร เคมีให้ มากควรป้องกันตนเอง โดยการสวมถุงมือยาง หรือใช้ตู้ควันถ้าสารนั้นระเหยได้ อีกทั้งควรศึกษาถึงอันตรายของสารเคมี และควรมีคู่มือการใช้สารที่เป็นพิษต่างๆ พึงระลึกถึงอยู่เสมอว่า แม้แต่สารที่เราคุ้นเคยกับมันเป็นอย่างดี ถ้าเราได้รับบ่อย ๆ เป็นเวลานาน ๆ ก็อาจก่อให้เกิดอันตรายได้ ดังนั้นหนทางที่จะหลีกเลี่ยงจากอันตรายของสารเหล่านี้ ซึ่งนับว่ายังเป็นประสบการณ์ใหม่ของมนุษย์ จึงมีอยู่ทางเดียวคือ ไม่ต้องอยู่ในความประมาท นั่นเอง

บรรณานุกรม

Bayler, R.E. and Meyers, V.K., (1982) J. Chem. Ed., 59 : 759.

Fischback, B.C., (1979) J. Chem. Ed., 56 : A7.

Kaufman, J.A., (1978) J. Chem. Ed., 55 : A337.

Meyers, V.K. and Meyers, C.Y. 1980 Chemicals Which Cause Birth Defects -Teratogens, A Brief Guide. Southern Illinois University,Carbondale, 37.

Murdoch, W.W., 1975 Environment : Resources, Pollution and Society. 2nd ed, Sinauer Association, Inc. Mass, 195-221.

Volpe, P.E., 1971. Human Heridity and Birth Defects, Wiley Eastern,Private Ltd., New Delhi, 166.

ผู้หญิงกับอัลกอฮอล์

พาณี วรรณนิธิกุล*

เมื่อไม่นานมานี้ หนังสือพิมพ์ฉบับหนึ่งรายงานว่า ปัจจุบันผู้หญิงที่ดื่มสุรามีจำนวนเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากสาเหตุหลายประการ แต่ไม่ว่าจะด้วยสาเหตุใดก็ตาม การดื่มสุราหรืออัลกอฮอล์ต่าง ๆ ก็หาใช่สิ่งที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายไม่ อัลกอฮอล์ไปทำให้การทำงานของระบบต่าง ๆ ในร่างกายผิดปกติ และถ้าหากเป็นหญิงมีครรภ์ อัลกอฮอล์ก็จะไปมีผลกระทบกระเทือนต่อทารกในครรภ์ด้วย ท่านทราบหรือไม่ว่าอัลกอฮอล์ไปมีผลต่ออวัยวะและระบบต่าง ๆ ของร่างกายมนุษย์อย่างไรบ้าง? เหตุใดผู้หญิงจึงเมาเร็วกว่าผู้ชาย? อัลกอฮอล์มีผลต่อสมรรถภาพทางเพศจริงหรือไม่?

การศึกษาผลของอัลกอฮอล์ต่อมนุษย์ ส่วนมากเป็นการศึกษาในเพศชาย เนื่องจากมีการดื่มสุรามากกว่าเพศหญิง และผู้ที่ทำการศึกษาไม่ได้สนใจที่จะศึกษาถึงความแตกต่างของผลของอัลกอฮอล์ที่มีต่อเพศหญิงและเพศชาย ดังนั้นในที่นี้จึงรวบรวมเฉพาะผลโดยทั่ว ๆ ไปของอัลกอฮอล์ที่มีต่อมนุษย์ทั้งเพศหญิงและชายและผลที่มีต่อเพศหญิงโดยเฉพาะในบางกรณีเท่านั้น

การดูดซึม, การแพร่กระจายและการขับถ่ายของอัลกอฮอล์

เมื่อคนดื่มอัลกอฮอล์เข้าไป อัลกอฮอล์จะถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสโลหิตทางลำไส้เล็ก อัตราเร็วของการดูดซึมอัลกอฮอล์จะขึ้นกับความเข้มข้นของชนิดเครื่องดื่ม เช่น เบียร์ หรือเหล้า การดูดซึมอัลกอฮอล์จากเบียร์จะมีอัตราช้ากว่าเหล้า แต่ทั้งนี้ต้องขึ้นกับปัจจัยอย่างอื่นด้วย เช่น ถ้ามีอาหารหรือมีความกังวล ปัจจัยทั้งสองอย่างนี้จะทำให้อัตราการดูดซึมช้าลงได้ เมื่ออัลกอฮอล์เข้าสู่กระแสโลหิตแล้ว อัลกอฮอล์จะแพร่กระจายไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกายอย่างรวดเร็ว และปรากฏว่าไม่มีส่วนใดในร่างกายที่ใช้เป็นแหล่งเก็บสะสมอัลกอฮอล์โดยเฉพาะ อัลกอฮอล์สามารถผ่านเข้าไปในรก (placenta) และกระแสโลหิตของทารกในครรภ์ได้ง่าย และยังผ่านเข้าไปในน้ำนมของผู้เป็นมารดาได้ด้วย หลังจากนั้นอัลกอฮอล์จะถูกกำจัดออกจากร่างกายโดยเมตาบอลิซึม (metabolism) ของตับ น้ำย่อยจะเปลี่ยนอัลกอฮอล์ให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ มีอัลกอฮอล์เพียง 2 - 10% เท่านั้นที่ถูกขับออกทางปอด, ไตและผิวหนัง อัตราเฉลี่ยของการกำจัดอัลกอฮอล์ออกจากร่างกายคนเฉลี่ยประมาณ 100 มิลลิกรัมอัลกอฮอล์ต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เช่น อัลกอฮอล์ในวิสกี้ 4 ออนซ์ จะถูกขับออกจากร่างกาย

*อาจารย์ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ภายใน 5-6 ชั่วโมงในคนขนาดปานกลาง

จากการศึกษาเมื่อไม่นานมานี้พบว่า ความสามารถในการเก็บอัลกอฮอล์ไว้ในร่างกายของเพศหญิงและเพศชายจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งอาจนำไปสัมพันธ์กับการที่พบว่า เด็กหญิง มีอัตราส่วนของน้ำในร่างกายน้อยกว่าเด็กชาย (Bell, Davidson และ Scarborough, 1968)

Jones และ Jones (1976) ศึกษาโดยการวัดระดับของอัลกอฮอล์ในเลือดที่ช่วงเวลาต่าง ๆ กันหลังจากที่ดื่มอัลกอฮอล์เข้าไปแล้ว และนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ เขาพบว่าระดับอัลกอฮอล์ในเลือดสูงสุดจะเป็นตัวชี้ให้ทราบว่า เพศหญิงมีอัตราการดูดซึมอัลกอฮอล์เร็วกว่าเพศชาย และจากการทดสอบหลาย ๆ ครั้งพบว่า จุดสูงสุดของระดับอัลกอฮอล์ในเลือดของผู้ชายโดยทั่วไปจะคอนข้างคงที่ ในขณะที่ของผู้หญิงจะแปรปรวนไปตามระยะ เวลา ของ รอบประจำเดือน (menstrual cycle) โดยที่พบว่าในระหว่างระยะช่วงต้น และช่วงกลางของรอบประจำเดือน (premenstrual phase และ ovulatory phase) จะมีระดับ ของ อัลกอฮอล์ใน เลือดสูงสุด โดยทั่วไปเมตาบอลิซึมของอัลกอฮอล์ในเพศหญิงจะเร็วกว่าเพศชาย ดังนั้นถึงแม้ว่าผู้หญิงจะเมาเร็วกว่าผู้ชาย ผู้หญิงจะสร่างเมาเร็วกว่าเช่นกัน แต่พบว่าผู้หญิง ที่กินยาคุมกำเนิด จะมีเมตาบอลิซึมของอัลกอฮอล์ช้ากว่าปกติอย่างมีนัยสำคัญ

นักวิจัยชี้แนะว่า ประโยชน์ที่ได้จากการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องนี้ก็คือ ความ แปร ปรวน และ การที่ไม่สามารถทำนายถึงการตอบสนองต่ออัลกอฮอล์ ของผู้หญิง ทำให้ผู้หญิงมีความระมัดระวังในการดื่มอัลกอฮอล์มากขึ้น ซึ่งเป็นผลให้ผู้หญิงมีความคุ้นเคยกับอัลกอฮอล์ช้าลง ขบวนการทางสรีรวิทยาได้รับผลจากอัลกอฮอล์น้อยลงและทำให้โอกาสที่ร่างกายจะคุ้นเคยกับอัลกอฮอล์น้อยลงด้วย

ผลต่อระบบทางเดินอาหาร

อัลกอฮอล์ในปริมาณพอสมควร จะ กระตุ้น ให้ มีการหลั่งน้ำลายในปาก และ กระตุ้นให้ กระเพาะอาหารหลั่งน้ำย่อยออกมา แต่ถ้าหากมีอัลกอฮอล์มากเกินไปอัลกอฮอล์จะไปยับยั้งปฏิกิริยาเหล่านี้ ทำให้การดูดซึมอาหารช้าลงและอาจทำให้เกิดอาเจียนได้

อัลกอฮอล์ปริมาณมาก ๆ จะไปรบกวนเยื่อบุผิวของกระเพาะอาหารและทำให้เยื่อบุผิว เกิด การอักเสบและถูกทำลายไปในที่สุด เป็น ผลให้ เกิด แผล ในกระเพาะอาหารได้ พบว่า 1 ใน 3 ของผู้ที่ดื่มอัลกอฮอล์มาก ๆ จะเกิดแผลในกระเพาะอาหารเรื้อรังและเกิดความผิดปกติขึ้นที่หลอดอาหาร และลำไส้เล็กส่วนต้น (duodenum) นอกจากนั้นยังพบว่าหลอดอาหารมีอาการเริ่มต้นของมะเร็งด้วย (Schmidt และ DeLint, 1972; Aldelstein และ White, 1976)

สำหรับผลของอัลกอฮอล์ปริมาณมาก ๆ ต่อตับอ่อน อาจจะทำให้เกิดตับอ่อนอักเสบ (pancreatitis) แบบเฉียบพลัน (acute) หรือเรื้อรัง(chronic) ได้ เมื่อตับอ่อนถูกทำลายจะทำให้การดูดซึมอาหารประเภทไขมัน และวิตามินที่ละลายได้ในไขมันลดลง ซึ่งทำให้เกิดการขาดอาหารและขาดวิตามินได้

คนที่ติดสุรามักเป็นโรคตับแข็ง (cirrhosis) ซึ่งเป็นโรคที่ทำลายโครงสร้างของตับ และทำให้เกิดการตายได้ในอัตราสูงสุด อาการอีกอย่างหนึ่งที่พบในคนติดสุราส่วนมากคือ ตับ มีการ สะสม ไขมัน ไว้มาก (fatty liver) ทำให้ตับโต พบว่า 30% ของผู้ที่ดื่มเหล้ามาก ๆ จะเกิดตับอักเสบ (hepatitis) และมีอัตราการตาย 10% - 30% (Ghodes และ

Tregenza, 1980) โดยปกติโรคตับที่เกิดอย่างรุนแรงมักจะเกิดจากการดื่มสุราอย่างมากเป็นเวลาหลายปี ถ้าหากดื่มในปริมาณพอสมควรและไม่บ่อยนักจะทำให้เกิดโรคตับแข็งเท่านั้น การดื่มเพียงครั้งคราวจะเป็นอันตรายต่อตับน้อยกว่าการดื่มเป็นประจำ (Brunt et al, 1974)

จากรายงานหลายฉบับชี้ให้ทราบว่า ตัวเพศหญิงเองเป็นปัจจัยสำคัญที่จะทำให้เกิดโรคตับได้ Wilkinson et al (1971; อ้างตาม Ghodse และ Tregenza, 1980) รายงานว่าผู้หญิงที่ติดสุรามีความโน้มเอียงที่จะเป็นโรคตับแข็งมากกว่าผู้ชาย William และ Davis (1977) พบว่าคนป่วยเพศหญิงจำนวนมากที่เป็นโรคตับจะมีตับที่ถูกทำลายอย่างรุนแรง ความแตกต่างระหว่างเพศหญิงและชายของโรคร้ายแรงนี้จะต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในคนป่วยที่มีอายุน้อยกว่า 45 ปี แต่ในคนป่วยที่มีอายุมากกว่า 55 ปี จะต่างกันไม่มากนัก ถึงแม้ว่าเพศหญิงจะมีการดื่มน้อยกว่าเพศชายก็ตาม ในเพศหญิงผลที่เกิดตามมาคือการเปลี่ยนจากตับอักเสบเป็นตับแข็ง และตายเมื่ออายุน้อยกว่าเพศชาย

ผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง

อัลกอฮอล์จะทำหน้าที่เป็นตัวกด (depressant) หรือระงับความกระวนกระวาย ทั้งนี้จะต้องขึ้นกับความกดดันของกลไกการยับยั้งตามธรรมชาติด้วย ถ้ามีปริมาณอัลกอฮอล์ในเลือดสูงสมองส่วนที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการสั่งงานให้ร่างกายทำงานจะไม่สามารถทำหน้าที่ได้ ซึ่งจะทำให้เกิดอาการโคมา (coma) ได้

อัลกอฮอล์มีผลไปทำลายหน้าที่ของสมองส่วนที่เกี่ยวกับการรับความรู้สึก, การแลเห็น, การได้ยินและการสั่งงานของร่างกาย หน้าที่ส่วนแรกที่ถูกรบกวนคือ การสั่งงาน ซึ่งทำให้สมองส่วนที่เกี่ยวข้องกับความคิดและการเคลื่อนไหวของร่างกายไม่ทำงาน การจดจำ การตัดสินใจและการแลเห็นใช้ไม่ได้ อารมณ์เปลี่ยนแปลงและมีการแสดงออกในทางที่ไม่สุภาพ

จากการตรวจโดยเครื่องคอมพิวเตอร์และการทดสอบทางจิตวิทยาพบว่าโรคพิษสุราเรื้อรัง อาจมีอาการของการฝ่อของสมองส่วนซีรีบรัม (Cerebral atrophy) และสมองถูกทำลายร่วมด้วย (Ghodse และ Tregenza, 1980)

ผลต่อหัวใจและกระแสโลหิต

อัลกอฮอล์ปริมาณพอสมควรจะทำให้เลือดไปเลี้ยงที่ผิวหนังมากขึ้น ทำให้ใบหน้าและผิวหนังบริเวณต่าง ๆ แดงขึ้นและอุณหภูมิสูงขึ้น ชีพจรเต้นเร็วขึ้นและความดันเลือดจะสูงขึ้นด้วย อัลกอฮอล์อาจไปทำให้กล้ามเนื้อหัวใจถูกทำลาย เป็นผลให้เกิดหัวใจวายและตายได้ในที่สุด (British Medical Journal, 1979)

ผลร่วมกับยาชนิดอื่น

ยาชนิดต่าง ๆ เช่น ยานอนหลับหรือแอนตีฮีสตามีน (antihistamine) เมื่อรวมตัวกับอัลกอฮอล์จะเป็นอันตรายจนถึงตายได้ การดื่มอัลกอฮอล์มากๆ และเป็นเวลานาน จะทำให้เมตาบอลิซึมของยาบางชนิดเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะยาที่ใช้ในการรักษาโรคลมชักและโรคเบาหวาน

อัลกอฮอล์เมื่อทำปฏิกิริยากับยา disulfiram ('Antabuse') จะทำให้มีการสะสมอัลดีไฮด์ (aldehyde) ในกระแสเลือด เป็นผลให้เกิดอาการปวดหัวอาเจียนและความดันเลือดต่ำลง ยาชนิดนี้ในบางครั้งใช้รักษาอาการติดอัลกอฮอล์ [illegible] ถ้าผู้ป่วยยังคงดื่มอยู่ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะเป็นอันตรายมาก

ยาที่ใช้รักษาการติดเชื้อในช่องคลอด เช่น Metronidazole ('Flagyl') และยาที่ใช้รักษาอาการที่มีระดับน้ำตาลในเลือดต่ำ(Hypoglycemia) จะเกิดปฏิกิริยาอย่างอ่อน ๆ กับอัลกอฮอล์

ผลต่อระบบต่อมไร้ท่อและเพศสัมพันธ์

ปฏิกิริยาร่วมกันระหว่างอัลกอฮอล์และฮอร์โมนมีความซับซ้อนมากในด้านของพฤติกรรมทางเพศ ดูเหมือนว่าอัลกอฮอล์จะมีผลต่อเพศหญิง และชายแตกต่างกัน แต่เนื่องจากผลของการวิจัยเกี่ยวกับผลของอัลกอฮอล์ต่อระบบต่อมไร้ท่อ และพฤติกรรมทางเพศส่วนมากจะเกี่ยวข้องกับเพศชาย และข้อมูลเกี่ยวกับเรื่องนี้ของเพศหญิงมีน้อยมาก ดังนั้นจึงต้องนำเอาผลที่ได้จากการศึกษาในเพศชายมาใช้ในบางเรื่อง

ผลของอัลกอฮอล์ที่มีต่อต่อมต่าง ๆ รุนแรงมาก เช่น ทำให้สารคาทีโคลามีน (catecholamine) ถูกหลั่งออกมาจากชั้นในของต่อมหมวกไต (adrenal medulla) และทำให้ระดับของคอร์ทิซอลในเซรัม (Serum cortisol) สูงขึ้น ซึ่งจะมีผลต่อสมองส่วนไฮโปทาลามัส (Hypothalamus) และต่อมใต้สมองส่วนหน้า ทำให้ระดับของ Growth hormone เพิ่มขึ้น แต่จะไปกดไม่ให้ต่อมใต้สมองส่วนหลังมีการหลั่ง Antidiuretic hormone (ADH)และ Oxytocin ออกมา

ผู้ชายที่ดื่มสุรามาก ๆ อัณฑะ จะ เกิดการฝ่อ (atrophy) ทำให้ความสมบูรณ์ทางเพศลดลง หรือเสียไป ซึ่งมีผู้เสนอว่าผลของเรื่องนี้น่าจะเกิดจากการที่ตับล้มเหลวในการเมตาบอไลส์(metabolize) ฮอร์โมนเอสโตรเจน (Estrogen) หรือเป็นผลของอัลกอฮอล์ที่มีต่อฮอร์โมนที่ เกี่ยว ข้องกับ สุขภาพของอวัยวะเพศโดยตรงก็เป็นได้ ถ้าเป็นผลเรื้อรัง อัลกอฮอล์จะทำให้เชื้อสืบพันธุ์ (sperm) เคลื่อนที่ได้ช้า รูปร่างเปลี่ยนแปลง และ ความสมบูรณ์ ของเชื้อลดลง ถ้าหากเป็นผลเฉียบพลัน อัลกอฮอล์จะไปกระตุ้นให้ความต้องการทางเพศสูงขึ้น

ในผู้หญิงก็เช่นเดียวกับผู้ชาย พฤติกรรมทางเพศจะถูกควบคุมโดยปฏิกิริยาร่วมกัน ระ หว่าง จิตใจและร่างกาย และยังถูกควบคุมโดยระบบประสาทส่วนกลางรวมทั้งระบบประสาทอัตโนมัติด้วย อัลกอฮอล์อาจไปทำให้ความยับยั้งใจลดลง และกระตุ้นให้มีความต้องการทางเพศสูงขึ้น นอกจากนั้น อัลกอฮอล์ยังมีผลไปยับยั้งการหด ตัว ของ มดลูก ระหว่างการคลอด การหลั่งน้ำนม ดังนั้นการที่มีผู้พยายามทำแท้งโดยการดื่มเหล้ามาก ๆ จึงมักไม่ประสบผลสำเร็จ

ผลต่อรอบประจำเดือน

ร่างกายและจิตใจ ของเพศหญิง มีความสัมพันธ์กันอย่างมากอารมณ์ของผู้หญิง ในระยะก่อน มีประจำเดือนและในช่วงอายุที่หมดประจำเดือน (menopause) จะมีความแปรปรวนมาก เช่น จากอารมณ์ดีเปลี่ยนเป็นอารมณ์ร้ายจนถึงขั้นฆ่าตัวตายได้ ผลกระทบกระเทือนซึ่งเกิดขึ้นรวมกันในรอบประจำเดือนระยะมีครรภ์และช่วงหมดประจำเดือน อาจจะเกิดจากผลร่วมระหว่างจิตใจและปัจจัยทางร่างกาย เช่น การเปลี่ยนแปลงของระดับฮอร์โมน

สำหรับผลของอัลกอฮอล์ที่มีรอบประจำเดือนนั้นยังไม่ทราบแน่ชัด มีรายงานว่าผู้หญิงที่ดื่มเป็นประจำส่วนมาก จะมีความสัมพันธ์กันระหว่างการดื่มและรอบประจำเดือน โดยที่พบว่า ถ้าหากดื่มในระยะ premenstrual phase ของรอบประจำเดือน จะมีผลทำให้มีระดับอัลกอฮอล์ในเลือดสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับระยะอื่น ๆ ของรอบประจำเดือน ส่วนผลทางสรีรวิทยายังไม่มีรายงานที่แน่นอน (Belfer และ Shaker, 1976)

จากการทดสอบทางจิตวิทยาหลาย ๆ อย่าง พบว่า ไม่ว่าผู้หญิงที่ติดสุราจะมีความสัมพันธ์กันระหว่างการดื่มกับรอบประจำเดือนหรือไม่ก็ตาม ผู้หญิงกลุ่มนั้นจะมีความกดดันมากกว่าผู้หญิงที่ไม่ดื่มอย่างมีนัยสำคัญ และมีแนวโน้มที่จะล้มเหลวในชีวิตมากกว่าด้วย

สรุป

ถึงแม้ว่าจะมีข้อมูลเกี่ยวกับผลต่อสรีระและเมตาบอลิซึมของอัลกอฮอล์ในผู้หญิงไม่มากนัก แต่ข้อมูลเหล่านั้นก็ถูกต้องพอสมควร และปัจจุบันจำนวนของผู้หญิงที่ติดสุราก็มีแนวโน้มจะสูงขึ้นเรื่อย ๆ ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีความรู้อย่างแท้จริงเกี่ยวกับผลของอัลกอฮอล์ที่มีต่อผู้หญิงให้มากขึ้น เป็นที่คาดหวังกันว่าในอนาคต การศึกษาวิจัยต่าง ๆ จะสามารถบอกถึงความแตกต่างระหว่างผลของอัลกอออล์ที่มีต่อเพศหญิงและเพศชายได้อย่างชัดเจนยิ่งขึ้น ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อวงการวิทยาศาสตร์และการแพทย์ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

Aldelstein, A., and White, G.(1976)."Alcoholism and Mortality" Population Trends 6 : 7-13

Belfer, M., and Shader, R. (1976) "Premenstrual Factors as Determinants of Alcoholism in Women." In M. Greenbatt and M.A. Schuckit (eds), Alcoholism Problems in Women and Children. New York: Grune and Stratton.

Bell, C.H., Davidson, J.N. and Scarborough, H.(1968). Textbook of Physiology and Biochemistry. Baltimore : Williams and Wilkins.

British Medical Journal (1979). "Alcoholic Heart Muscle Disease".British Medical Journal 2 : 1457-58.

Brunt, P.W. Kew, M.C., Scheuer, P.J., and Sherlock, S.(1974). "Studies in Alcoholic Liver Disease in Britain. I. clinical and Pathological Patterns related to Natural History". Gut : 15-52.

Ghodse, A.H. and Tregenza, G.S.(1980). The Physical Effects and Metabolism of Alcohol. In camberwell council on Alcoholism,Women & Alcohol.New York: Tavistock.

Jones, B., and Jones, M.(1976). "Intoxication, Metabolism and the Menstrual cycle". In M. Greenblatt and M.A. Schuckit (eds), Alcoholism Problems in women and Children. New York : Grune and Stratton.

Schmidt, W., and de Lint, J.(1972). "Causes of Death of Alcoholics." Quarterly Journal of Studies on Alcohol. 33 : 171-185.

Williams, R. and Davis, M.(1977). "Alcoholic Liver Disease Basic Pathology and Clinical Variants". In G. Edward and M. Grant (eds)., Alcoholism: New Knowledge and New Responses. London : Croom Helm.

การแก้ปัญหาลายแทงทองคำด้วยคณิตศาสตร์

วรรณี รัมภาวัฒนา*

บทนำ

คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่ว่าด้วยการคิดคำนวณ วิชาทางคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่สำคัญ และเป็นรากฐานหรือพื้นฐานของวิชาทางด้านอื่น ๆ มากมาย เช่นฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา ธรณีวิทยา วิศวกรรมศาสตร์ และเกษตรศาสตร์ จะเห็นว่าหลักสูตรระดับปริญญาตรีบังคับให้นักศึกษาต้องเรียนวิชาทางคณิตศาสตร์เป็นวิชาพื้นฐาน เนื่องจากวิชาทางคณิตศาสตร์สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับวิชาทางด้านอื่น ๆ ได้แทบทุกด้าน และยังสามารถนำมาประยุกต์เพื่อแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ด้วย ดังตัวอย่างที่จะกล่าวต่อไปนี้เป็นการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์มาแก้ปัญหาลายแทงทองคำเพื่อหาที่ฝังทองคำมูลค่ามหาศาล

เรื่องราวของปัญหาลายแทงทองคำ

กาลครั้งหนึ่งมีตระกูลผู้มั่งคั่งตระกูลหนึ่งประกอบด้วยบิดา มารดา และบุตรชายสองคน ตระกูลนี้มีความร่ำรวยอย่างมากมาย พรั่งพร้อมด้วยทรัพย์สมบัติและที่ดินมูลค่ามหาศาล และข้าทาสบริวารจำนวนมากมาย ทุกคนในตระกูลนี้อยู่ร่วมกันอย่างมีความสุข ครั้นเมื่อผู้เป็นบิดาเข้าสู่วัยชราภาพมากแล้ว ก็นึกห่วงใยบุตรชายทั้งสอง ซึ่งกำลังอยู่ในวัยหนุ่มจึงได้จัดการแบ่งมรดกให้แก่บุตรชายทั้งสองคนคนละเท่า ๆ กันด้วยความยุติธรรม หลังจากที่ได้แบ่งมรดกให้แก่บุตรชายทั้งสองเรียบร้อยแล้ว ปรากฏว่าด้วยความชราภาพของผู้เป็นบิดา จึงทำให้ลืมแบ่งมรดกอีกชิ้นหนึ่งซึ่งเป็นมรดกที่ตกทอดจากบรรพบุรุษมาหลายชั่วคน มรดกชิ้นนี้คือ ที่ดินซึ่งมีชื่อตามที่บรรพบุรุษได้เรียกมาว่า "ทุ่งปริศนา" พร้อมทั้งทองคำมูลค่ามหาศาลซึ่งถูกฝังอยู่ ณ ที่แห่งหนึ่งบนที่ดินผืนนี้ หลังจากที่ผู้เป็นบิดาได้มรดกชิ้นนี้มาแล้วก็ยังไม่ได้ไปขุดทองคำ ดังกล่าวเลย เนื่องจากกระทอมตามที่ได้ระบุไว้ในลาย แทงทองคำนั้นได้อันตรธานไปจากที่ดินผืนนี้ จึงทำให้ไม่สามารถทราบที่ฝังทองคำได้ เมื่อผู้เป็นบิดาได้พิจารณาและไตร่ตรองถึงมรดกชิ้นนี้อย่างถี่ถ้วนแล้ว ก็ตัดสินใจยกที่ดิน "ทุ่งปริศนา" พร้อมทั้งทองคำมูลค่ามหาศาลให้แก่บุตรชายคนที่สามารถค้นหาที่ฝังทองคำได้ จึงได้มอบลายแทงทองคำให้แก่บุตรชายทั้งสองคนคนละฉบับ โดยทั้งสองฉบับเหมือนกันทุกประการ เมื่อบุตรทั้งสองได้เปิดอ่านดู ก็ได้ความว่า

"บนที่ดิน "ทุ่งปริศนา" อันกว้างใหญ่ไพศาลเป็น

*อาจารย์ภาควิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ที่ฝังทองคำมูลค่ามหาศาล บนที่ดินมีต้นตะแบกและต้นสักขึ้นอยู่โดดเดี่ยวอย่างละต้นเท่านั้น และจะพบว่ามีกระท่อมอยู่หลังหนึ่งด้วย จงตั้งต้นจากกระท่อมหลังนี้แล้วเดินตรงไปที่ต้นตะแบก พร้อม กับ นับจำนวน ก้าวที่เดินได้ เมื่อเดินถึงต้นตะแบกแล้ว ที่ต้นตะแบกนี้จงเลี้ยวขวาทำมุม 90 องศา แล้วเดินตรงไปให้ได้ระยะทางเท่ากับจำนวนก้าวที่เดินตรงจากกระท่อมถึงต้นตะแบก แล้วเอาไม้ซึ่งทาสีแดงปักไว้ตรงจุดที่เดินไปถึง จากนี้จงเดินกลับไปที่กระท่อม แล้วตั้งต้นจากกระท่อมอีกครั้งหนึ่ง จงเดินตรงไปที่ต้นสักพร้อมกับนับจำนวนก้าวที่เดินได้ เมื่อเดินถึงต้นสักแล้ว ที่ต้นสักนี้จงเลี้ยวซ้ายทำมุม 90 องศา แล้วเดินตรงไปให้ได้ระยะทางเท่ากับจำนวนก้าวที่เดินตรงจากกระท่อมถึงต้นสัก แล้วเอาไม้ซึ่งทาสีเขียวปักไว้ตรงจุดที่เดินไปถึง จากนี้จงหาจุดกึ่งกลางระหว่างไม้สีแดงและไม้สีเขียวที่ปักไว้ จุดกึ่งกลางที่หาได้จะเป็นที่ฝังทองคำมูลค่ามหาศาล โดยทองคำจะถูกฝังอยู่ลึกประมาณสองเมตร จงขุดทองคำเอาไปเถิด"

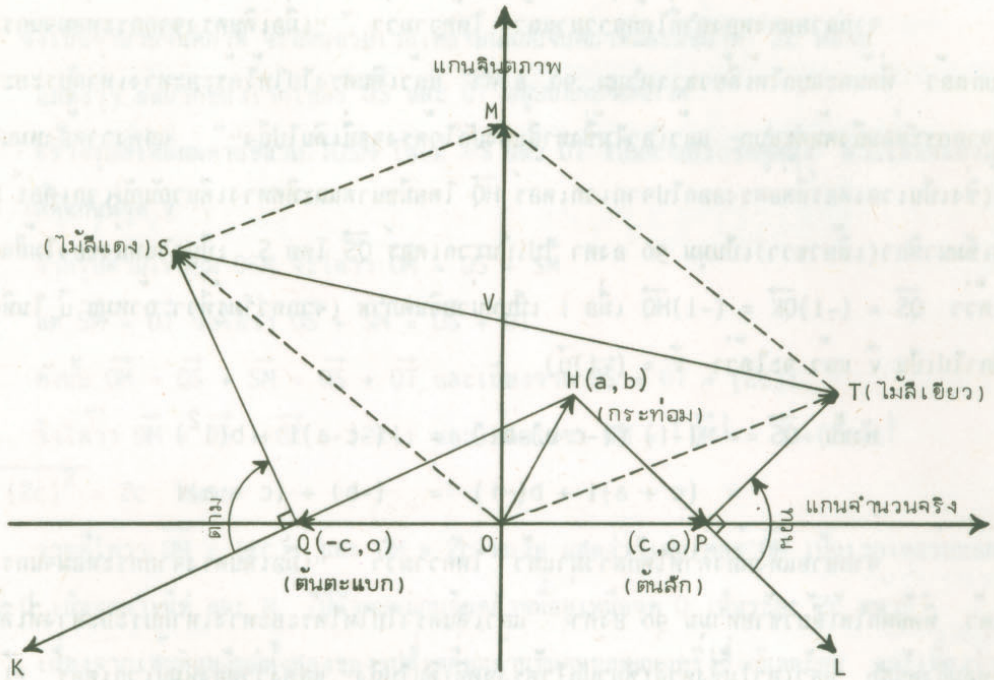
เมื่อบุตรชายทั้งสองได้อ่านลายแทงทองคำแล้วก็รีบพากันเดินทางไปยังที่ดิน "ทุ่งปริศนา" พร้อมกับบริวารทันที และเมื่อไปถึงก็ให้บริวารของตนสำรวจอย่างละเอียดถี่ถ้วน ปรากฏว่ามีต้นตะแบกและต้นสักขึ้นอยู่โดดเดี่ยวอย่างละต้นจริง ๆ ตามที่ได้ระบุไว้ในลายแทง แต่ทว่าไม่มีกระท่อมอยู่เลย จึงทำให้ไม่สามารถตั้งต้นเดินจากกระท่อมไปเพื่อปักไม้สีแดงและไม้สีเขียว ซึ่งทำให้ไม่ทราบจุดกึ่งกลางระหว่างไม้ทั้งสองอันได้ เมื่อหาจุดกึ่งกลางนี้ไม่ได้ก็ทำให้ไม่ทราบจุดที่ฝังทองคำมูลค่ามหาศาลได้ บุตรชายแต่ละคนจึงต่างให้บริวารของตนขุดเดาสุ่มไปเรื่อย ๆขุดจนเหนื่อยก็ไม่พบทองคำสักที แต่ละคนจึงสั่งให้บริวารหยุดขุด เนื่องจากอาณาบริเวณของทุ่งปริศนานี้กว้างใหญ่ไพศาลมาก ถึงแม้ว่าจะให้ขุดกันต่อไปโอกาสที่จะขุดพบทองคำคงจะน้อยมากและอีกทั้งทองคำที่ถูกฝังอยู่ลึกถึงสองเมตร บุตรชายทั้งสองและบริวารจึงพากันเดินทางกลับคฤหาสน์ หลังจากกลับถึงคฤหาสน์แล้ว บุตรชายแต่ละคนก็ต่างทุ่มเทเวลาทั้งหมดต่างคนต่างค้นหาวิธีที่จะทำให้ทราบที่ฝังทองคำให้ได้เนื่องจากบุตรชายคนน้องมีความสนใจและได้ศึกษาวิชาทางคณิตศาสตร์มากเป็นพิเศษ จึงได้ลองนำความรู้ทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้กับปัญหาลายแทงทอง คำ นี้ และด้วยความเฉลียวฉลาดและความเพียรพยายามของบุตรผู้เป็นน้อง ในที่สุดก็สามารถคิดแก้ปัญหาลายแทงทองคำได้ว่า ทองคำมูลค่ามหาศาลถูกฝังไว้ ณ ที่แห่งใดบนที่ดิน "ทุ่งปริศนา" บุตรชายผู้เป็นน้องจึงได้ครอบครองที่ดินอันกว้างใหญ่ไพศาล พร้อมทั้งทองคำมูลค่ามหาศาล

จากลายแทงทองคำที่ได้กล่าวมาแล้ว และเมื่อกระท่อมซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่จะนำไปสู่ที่ฝังทองคำได้อันตรธานไป ท่านอยากทราบไหมว่า ทองคำมูลค่ามหาศาลนั้นจะถูกฝังอยู่ ณ ที่แห่งใดถ้าท่านอยากทราบก็ขอเชิญติดตามต่อไป เผื่อว่าท่านโชคดี บังเอิญได้ลายแทงสมบัติดังทำนองเช่น ลายแทงทองคำ ท่านก็จะได้สามารถแก้ปัญหาได้ และจะได้เป็นเจ้าของสมบัติมูลค่ามหาศาล

การใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์เพื่อหาที่ฝังทองคำ

ความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหา ลายแทงทองคำ เป็นความรู้ ใน เรื่องเวกเตอร์ จำนวนเชิงซ้อน และเรขาคณิต ซึ่งท่านผู้อ่านสามารถอ่านได้จากหนังสือทางคณิตศาสตร์ทั่ว ๆ ไป

ให้ที่ดิน "ทุ่งปริศนา" เป็นระนาบเชิงซ้อน (complex plane) ให้เส้นตรงซึ่งผ่านต้นตะแบก



รูปที่ 1

และต้นสักและมีลูกศรชี้ไปทางขวาเป็นแกนจำนวนจริง (real axis) ให้เส้นตรงซึ่งตั้งฉากกับแกนจำนวนจริงที่จุดกึ่งกลางระหว่างต้นตะแบกและต้นสักและมีลูกศรชี้ขึ้นด้านบน เป็น แกนจินตภาพ (imaginary axis) และให้จุดกึ่งกลางระหว่างต้นตะแบกและต้นสักเป็นจุดกำเนิด (origin) ซึ่งแทนด้วยจุด O ดังรูปที่ 1

ให้จุด Q แทนต้นตะแบก และจุด P แทนต้นสัก และถ้าสมมุติว่าต้นตะแบกและต้นสักอยู่ห่างกันเป็นระยะ 2c หน่วย เมื่อ c เป็นจำนวนจริงบวก

จะได้ว่า จุด Q = (-c,o) และจุด P = (c,o)

และได้ว่า เวกเตอร์ $\overrightarrow{OQ}$ = (-c)+oi = -c และเวกเตอร์ $\overrightarrow{OP}$ = c+oi = c

เนื่องจากกระท่อมได้อันตรธานไป จึงไม่ทราบที่ฝังทองคำตามลายแทง ในที่นี้สมมุติให้กระท่อมอยู่ที่จุด H(a,b) เมื่อ a และ b เป็นจำนวนจริง

จากจุด O ลากเส้นตรงไปยังจุด H จะได้เวกเตอร์ $\overrightarrow{OH}$ ซึ่งแทน a + bi

จากจุด H ลากเส้นตรงไปยังจุด Q จะได้เวกเตอร์ $\overrightarrow{HQ}$

จากจุด H ลากเส้นตรงไปยังจุด P จะได้เวกเตอร์ $\overrightarrow{HP}$

จากรูปสามเหลี่ยม OHQ จะได้ว่า $\overrightarrow{OH} + \overrightarrow{HQ} = \overrightarrow{OQ}$

จึงได้ว่า $\overrightarrow{HQ} = \overrightarrow{OQ} - \overrightarrow{OH}$ = (-c)-(a+bi) = (-c-a)-bi

จากรูปสามเหลี่ยม OHP จะได้ว่า $\overrightarrow{OH} + \overrightarrow{HP} = \overrightarrow{OP}$

จึงได้ว่า $\overrightarrow{HP} = \overrightarrow{OP} - \overrightarrow{OH}$ = c - (a+bi) = (c-a)-bi

จะเห็นว่า HQ = $|\overrightarrow{HQ}|$ แทนระยะทางจากกระท่อมถึงต้นตะแบก และ HP = $|\overrightarrow{HP}|$ แทนระยะทางจากกระท่อมถึงต้นสัก

จากลายแทงทองคำที่ได้กล่าวมาแล้ว ได้ความว่า "เมื่อเดินตรงจากกระท่อมจนกระทั่งถึงต้นตะแบกแล้ว ที่ต้นตะแบกให้เลี้ยวขวาทำมุม 90 องศา แล้วเดินตรงไปให้ได้ระยะทางเท่ากับระยะทางที่เดินตรงจากกระท่อมถึงต้นตะแบก แล้วเอาไม้ซึ่งทาสีแดงปักไว้ตรงจุดที่เดินไปถึง" แสดงว่าต้องหมุนเวกเตอร์ $\overrightarrow{QK}$ (ซึ่งเป็นเวกเตอร์ที่ต่อตรงออกไปจากเวกเตอร์ $\overrightarrow{HQ}$ โดยมีขนาดและทิศทางเดียวกันกับเวกเตอร์ $\overrightarrow{HQ}$)ในทิศตามเข็มนาฬิกา(เลี้ยวขวา)เป็นมุม 90 องศา ไปเป็นเวกเตอร์ $\overrightarrow{QS}$ โดย S เป็นตำแหน่งของไม้สีแดงที่ปักไว้ จึงได้ว่า $\overrightarrow{QS} = (-i)\overrightarrow{QK} = (-i)\overrightarrow{HQ}$ เมื่อ i เป็นหน่วยจินตภาพ (จากความรู้ที่ว่า ถ้าหมุน $\vec{u}$ ในทิศตามเข็มนาฬิกาไปเป็น $\vec{v}$ แล้ว จะได้ว่า $\vec{v} = (-i)\vec{u}$)

ดังนั้น $\overrightarrow{QS} = (-i)\,[(-c-a)-bi] = -(-c-a)i + b(i^2)$

$= (c + a)i + b(-1) = (-b) + (c + a)i$

จากลายแทงทองคำที่ได้กล่าวมาแล้ว ได้ความว่า "เมื่อเดินตรงจากกระท่อมจนกระทั่งถึงต้นสักแล้ว ที่ต้นสักให้เลี้ยวซ้ายทำมุม 90 องศา แล้วเดินตรงไปให้ได้ระยะทางเท่ากับระยะทางที่เดินตรงจากกระท่อมถึงต้นสัก แล้วเอาไม้ซึ่งทาสีเขียวปักไว้ตรงจุดที่เดินไปถึง" แสดงว่าต้องหมุนเวกเตอร์ $\overrightarrow{PL}$ (ซึ่งเป็นเวกเตอร์ที่ต่อตรงออกไปจากเวกเตอร์ $\overrightarrow{HP}$ โดยมีขนาดและทิศทางเดียวกันกับเวกเตอร์ $\overrightarrow{HP}$) ในทิศทวนเข็มนาฬิกา (เลี้ยวซ้าย)เป็นมุม 90 องศา ไปเป็นเวกเตอร์ $\overrightarrow{PT}$ โดย T เป็นตำแหน่งของไม้สีเขียวที่ปักไว้ จึงได้ว่า $\overrightarrow{PT} = i\,\overrightarrow{PL} = i\,\overrightarrow{HP}$ เมื่อ i เป็นหน่วยจินตภาพ (จากความรู้ที่ว่า ถ้าหมุน $\vec{u}$ ในทิศทวนเข็มนาฬิกาไปเป็น $\vec{v}$ แล้วจะได้ว่า $\vec{v} = (i)\vec{u}$)

ดังนั้น $\overrightarrow{PT} = i\,[(c-a)-bi] = (c-a)i-b(i^2)$

$= (c-a)i-b(-1) = b+(c-a)i$

จากลายแทงทองคำที่ได้กล่าวมาแล้ว ได้ความว่า "ที่ฝังทองคำมูลค่ามหาศาลอยู่ที่ จุด กึ่งกลางระหว่างไม้สีแดงและไม้สีเขียวที่ปักไว้" แสดงว่าทองคำถูกฝังอยู่ที่จุดกึ่งกลางระหว่างจุด S และจุด T จึงต้องหาต่อไปว่าจุดกึ่งกลางนี้มีพิกัด (coordinates) ของจุดเป็นอะไร

ลากเส้นตรง OS และ OT

จากรูปสามเหลี่ยม OQS จะได้ว่า $\overrightarrow{OS} = \overrightarrow{OQ} + \overrightarrow{QS} = (-c)+[-b+(c+a)i] = (-c-b)+(c+a)i$

จากรูปสามเหลี่ยม OPT จะได้ว่า $\overrightarrow{OT} = \overrightarrow{OP} + \overrightarrow{PT} = (c)+[b+(c-a)i] = (c + b) + (c-a)i$

จากนี้เอาเวกเตอร์ $\overrightarrow{OS}$ และ $\overrightarrow{OT}$ บวกกัน

จะได้ว่า $\overrightarrow{OS} + \overrightarrow{OT} = [(-c-b) + (c+a)i] + [(c+b) + (c-a)i]$

$= (-c-b+c+b) + (c+a+c-a)i$

$= (2c)i$

โดย (2c)i ซึ่งเป็นจำนวนจินตภาพ จะแทนด้วยเวกเตอร์บนแกนจินตภาพและมีขนาด 2c หน่วย

แสดงว่า ผลบวกของเวกเตอร์ $\overrightarrow{OS}$ และ $\overrightarrow{OT}$ อยู่บนแกนจินตภาพ

สร้างรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน TOSM โดยมี OS และ OT เป็นด้านประชิดคู่หนึ่ง ลากเส้นทแยงมุม OM และ ST ให้ตัดกันที่จุด V

จากรูปสามเหลี่ยม OSM จะได้ว่า $\overrightarrow{OM} = \overrightarrow{OS} + \overrightarrow{SM}$

แต่ $\overrightarrow{SM} = \overrightarrow{OT}$ จึงได้ว่า $\overrightarrow{OS} + \overrightarrow{SM} = \overrightarrow{OS} + \overrightarrow{OT}$

ดังนั้น $\overrightarrow{OM} = \overrightarrow{OS} + \overrightarrow{SM} = \overrightarrow{OS} + \overrightarrow{OT}$ และเนื่องจาก $\overrightarrow{OS} + \overrightarrow{OT} = (2c)i$

จึงได้ว่า $\overrightarrow{OM} = \overrightarrow{OS} + \overrightarrow{OT} = (2c)i$ และได้ต่อไปว่า $OM = |\overrightarrow{OM}| = |o+(2c)i|$

$= \sqrt{(o)^2 + (2c)^2} = 2c$ หน่วย

จากที่ได้ว่า $\overrightarrow{OM} = (2c)i$ และ OM = 2c หน่วย แสดงว่าเวกเตอร์ $\overrightarrow{OM}$ เป็นเวกเตอร์บนแกนจินตภาพซึ่งมี O เป็นจุดกำเนิด และ M เป็นจุดบนแกนจินตภาพที่อยู่เหนือจุด O เป็นระยะ 2c หน่วย

เนื่องจากเส้นทแยงมุมทั้งสองของรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานย่อมแบ่งครึ่งซึ่งกันและกัน และเนื่องจาก OM และ ST ซึ่งตัดกันที่จุด V เป็นเส้นทแยงมุมทั้งสองของรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน TOSM

จึงได้ว่า V เป็นจุดกึ่งกลางของ OM และ ST

เนื่องจาก V เป็นจุดกึ่งกลางของ OM และเนื่องจาก OM = 2c หน่วย และ $\overrightarrow{OM} = (2c)i$

จึงได้ว่า OV = VM = ½ OM = ½ (2c) = c หน่วย

หรือ $\overrightarrow{OV} = \overrightarrow{VM} = \frac{1}{2}\overrightarrow{OM} = \frac{1}{2}((2c)i) = (\frac{2c}{2})i = ci$

จากที่ได้กล่าวมาแล้ว จะได้ว่า

1. V ซึ่งเป็นจุดปลายหรือจุดสิ้นสุด (terminal point) ของเวกเตอร์ $\overrightarrow{OV}$ จะเป็นจุดบนแกนจินตภาพและอยู่เหนือจุดกำเนิด O เป็นระยะ c หน่วย

2. พิกัดของจุด V คือ (o,c)

3. V เป็นจุดที่อยู่เหนือจุดกึ่งกลาง O ระหว่างต้นตะแบก Q และต้นสัก P เป็นระยะครึ่งหนึ่งของระยะห่างระหว่างต้นไม้ทั้งสอง

เนื่องจาก V เป็นจุดกึ่งกลางของ ST ซึ่งเป็นระยะห่างระหว่างไม้สีแดง S และไม้สีเขียว T

จึงได้ว่า V(o,c) เป็นจุดกึ่งกลางระหว่างไม้สีแดงและไม้สีเขียวที่ปักไว้

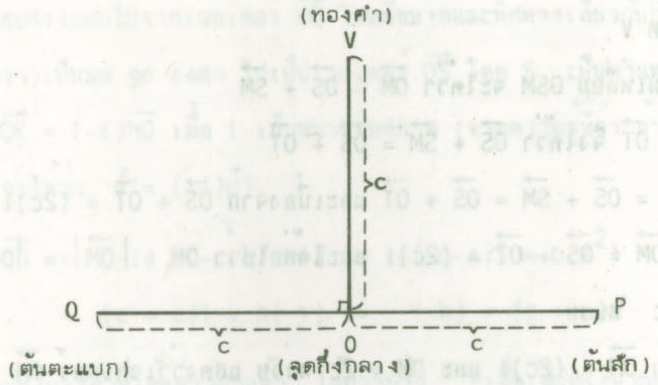
จากลายแทงทองคำที่ได้กล่าวมาแล้ว ได้ความว่า "ทองคำมูลค่ามหาศาลถูกฝังไว้ ณ จุดกึ่งกลางระหว่างไม้สีแดงและไม้สีเขียวที่ปักไว้ และฝังลึกลงไปประมาณสองเมตร"

ดังนั้น แสดงว่าทองคำมูลค่ามหาศาลจะถูกฝังลึกลงไปประมาณสองเมตรจากจุด V(o,c)

สรุป

จากที่ได้กล่าวมาแล้ว จะเห็นว่าถึงแม้กระท่อมได้อันตรธานไปก็ตาม แต่ด้วยความเฉลียวฉลาดของบุตรผู้น้อง ซึ่งได้นำความรู้ทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาจนทราบว่า ที่ฝังทองคำ อยู่ ลึก ลงไป

ประมาณสองเมตรจากจุดจุดหนึ่ง ซึ่งเป็นจุดที่อยู่ห่างจากจุดกึ่งกลางระหว่างต้นตะแบกและต้นสัก เป็นระยะครึ่งหนึ่งของระยะห่างระหว่างต้นไม้ทั้งสอง โดยจุดจุดนั้นและจุดที่แทนต้นตะแบกอยู่ ทางทิศเหนือและทิศตะวันตกของจุดกำเนิดตามลำดับ ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2

บรรณานุกรม

Ayres, F.Jr.(1958). Schaum's Outline of Theory and Problems of First Year College Mathematics. Schaum Publishing Co., New York.

Feinstein, I.K. and Murphy K.H.(1957). College Algebra with Problems and Solutions. Littlefield, Adams and Co., Totowa.

Pettofrezzo, A.J. (1966). Vectors and their Applications. Prentice - Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey.

Richardson, M.(1958). College Algebra. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey.

Schwartz J.T.(1961). Introduction to Matrices and Vectors. Mc Graw - Hill Book Company, New York.

Spiegel, M.R.(1959). Schaum's Outline of Theory and Problems of Vector Analysis and an Introduction to Tensor Analysis. Mc Graw-Hill Book Company, New York.

เทคโนโลยีของการแยกสาร โดยวิธีโครมาโตกราฟฟี

อนันต์ ตั้งทองคำ*

บทนำ

ในศตวรรษที่ผ่านมา ได้มีการปรับปรุงกรรมวิธีต่าง ๆ เพื่อใช้เป็นทางปฏิบัติในการแยกสารโดยจะเน้นหนักทางด้านความสะดวกรวดเร็ว ซึ่งรวมถึงการวิเคราะห์อย่างละเอียดถูกต้อง แม้ว่าจะมีกรรมวิธีต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นทั้งในอุตสาหกรรมและในวงการทางวิทยาศาสตร์มากกว่า 30 วิธี [1] วิธีง่าย ๆ ที่นิยมใช้กันทั่วไปในทางปฏิบัติได้แก่ การกลั่นลำดับส่วน (fractional distillation) เทคนิคการตกผลึกเป็นส่วน ๆ (fractional Crystallization) การกรอง (filtration) การตกตะกอนโดยกรรมวิธีเคมีและการใช้ไฟฟ้า (chemical and electrostatic precipitation) การสกัดด้วยตัวทำละลาย (solvent extraction) การแลกเปลี่ยนอิออน (ion-exchange) การใช้กาซดิฟฟิวสชัน (gaseous diffusion) และวิธีทางแมส สเปคโทรมิทรี (mass-spectrometry) เป็นต้น อย่างไรก็ตามวิธีที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดและใช้ในการแยกสารอย่างแพร่หลายคือ โครมาโตกราฟฟี (chromatography) ซึ่งทางปฏิบัติจะใช้วิธีนี้มาประยุกต์เพื่อให้เหมาะสมสำหรับการแยกสารต่าง ๆ ในสาขาวิทยาศาสตร์เกือบทุกสาขา

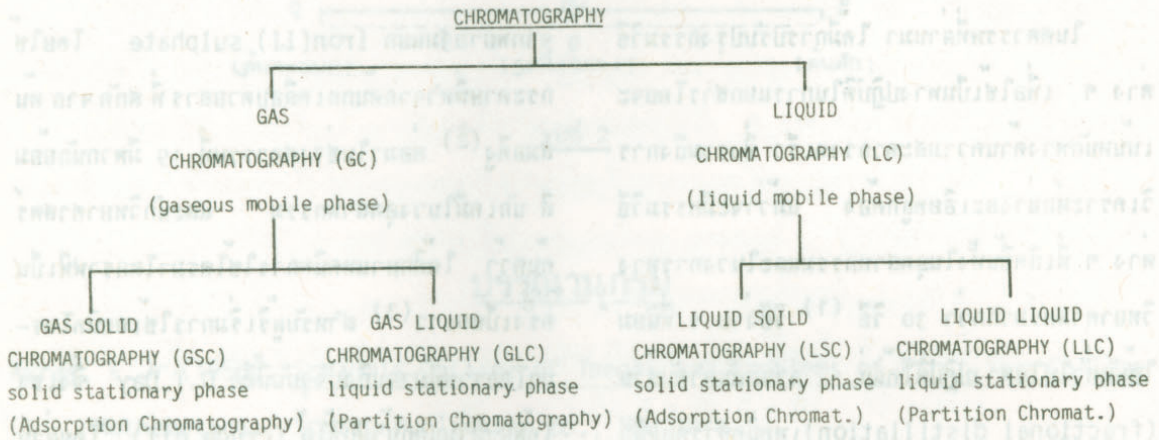
ครั้งแรกของการศึกษาโครมาโตกราฟฟี ได้มาจากพยายามแยก iron(I.I) sulphate โดยใช้กระดาษที่ทำจากต้นกกเคลือบด้วยสารที่สกัดจากต้นสมอดีง[2] ต่อมาในช่วงศตวรรษที่ 19 มีพวกนักย้อมสี นักเคมีในวงอุตสาหกรรม และนักวิทยาศาสตร์ค้นคว้า ได้ศึกษาเทคนิคการใช้โครมาโตกราฟฟีเป็นครั้งเป็นคราว[3] สำหรับผู้ริเริ่มการใช้เทคนิคโครมาโตกราฟฟีมาจนถึงปัจจุบันนี้คือ D.T.Day ซึ่งเขาได้พยายามแยกน้ำมันชี้โล้ (crude oil) โดยผ่านไปบนชั้นของแป้งละเอียดชนิดหนึ่ง (powdered Fuller's earth) พบว่าน้ำมันจะแยกเป็นชั้น ๆ[4] และเขาได้เรียกความสามารถของการแยกนี้ว่า เป็นการกระจายแบบการดึงดูดของหลอดแก้วเล็กๆ (Capillary diffusion)[5] ต่อมา M.S.T swett ได้แยกสารมีสีโดยผ่านไปบนคอลัมน์ที่บรรจุด้วยหินปูน (calcium carbonate) ทำให้เกิดเป็นแถบสีต่างๆ ขึ้นในคลอลัมน์ และเรียกความสามารถการแยกนี้ว่า โครมาโตกราฟฟี[6] และเป็นเทคนิคใช้ติดต่อมาจนปัจจุบันนี้

การจำแนกโครมาโตกราฟฟี

การจำแนกชนิดโครมาโตกราฟฟีซึ่งความแตกต่างที่สำคัญจะพิจารณาจากชนิดของโมไบล์เฟส (mo-

* อาจารย์ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

bile phase) คือ ถ้าโมไบล์เฟสเป็นก๊าซจะเรียกว่าก๊าซโครมาโตกราฟฟี (Gas chromatography : GC) ถ้าโมไบล์เฟสเป็นของเหลวเรียกว่า ลิควิดโครมาโตกราฟฟี (liguid chromatography: LC) ไม่ว่าจะเป็นก๊าซหรือลิควิดโครมาโตกราฟฟีซึ่งแต่ละชนิดยังแบ่งตามสภาวะของสเทชันนารี(เฟสStationary phase) ในกรณีที่เป็นของแข็งและมีคุณสมบัติดูดซับด้วยซึ่งวิธีนี้เรียกว่า แอดซอร์พชันโครมาโตกราฟฟี (adsorption chromatography) แต่ถ้าสเทชันนารีเฟสเป็นของเหลวที่เคลือบอยู่บนสารที่มีความเฉื่อย (inert matrix) วิธีนี้เรียกว่าพาร์ทีชันโครมาโตกราฟฟี (partition chromatography) คงแสดงเป็นแผนผังคือ



นอกจากนี้การจำแนกโครมาโตกราฟฟีอาจจะเปลี่ยนตามลักษณะของสารที่แยกและประโยชน์ที่นำไปใช้ เช่นแบ่งตามชนิดของสเทชันนารีเฟสที่ปรากฏอยู่ว่าเป็นแบบธินแลเยอ (thin layer) กระดาษ (paper) หรือคอลัมน์โครมาโตกราฟฟี หรือว่าการจำแนกจะถือการเคลื่อนที่ของโมไบล์เฟสเป็นเกณฑ์ดังนั้นการแบ่งจะเป็นแบบการเคลื่อนที่ทางเดียว (one dimension) หรือการเคลื่อนที่ 2 ทิศทาง (two dimension) หรือเคลื่อนแบบวงกลม (radial chromatography) การแบ่งโครมาโตกราฟฟีอีกแบบหนึ่งจะพิจารณาจากกลไก ระหว่างสารที่แยกกับสเทชันนารีเฟสว่าจะมีแรงยึดเหนี่ยวแบบใด ซึ่งวิธีจะแบ่งโครมาโตกราฟฟีเป็นแบบแอดซอร์พชัน แบบพาร์ทีชัน การแลกเปลี่ยนอิออน (ion exchange) หรือ เจลเพอเมียชัน (gel permeation)

หลักการของโครมาโตกราฟฟี

โครมาโตกราฟฟีคือ วิธีการละลายสารที่ต้องการแยกในตัวทำละลายที่เหมาะสมและให้กระจายไประหว่าง 2 เฟส เพื่อที่จะแยกออกเป็นแถบต่าง ๆ กันโดยที่เฟสหนึ่งจะเป็นสเทชันนารีเฟส ซึ่งจะทำหน้าที่กระทำต่อกัน (interaction) กับสารที่จะแยกอาจจะเป็นการดูดซับ หรืออาจจะเกิดพันธะอย่างอื่นก็ได้ ส่วนโมไบล์เฟสจะทำหน้าที่ซึมผ่านไปตามสเทชันนารีเฟส ผลนี้จะทำให้องค์ประกอบของสารที่จะแยกเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วแตกต่างกันขึ้นอยู่กับ ความสามารถของสเทชันนารีเฟสที่จะยึดเหนี่ยวสารที่จะแยกโดยจะเป็นฟังก์ชันพารามิเตอร์ทางเคมีฟิสิกส์

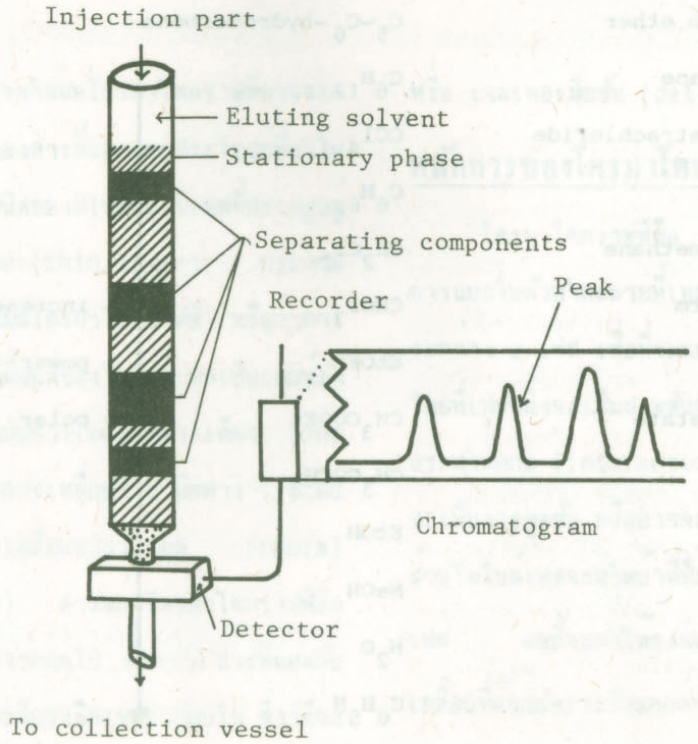
(physicochemical parameter) ของสารที่จะแยก ซึ่งสารที่จะแยกเคลื่อนที่ผ่านไประหว่างโมไบล์-เฟสกับสเทชันนารีเฟสจะอยู่ในลักษณะของการกระทำแบบผันกลับได้ (reversible interaction)[5] ดังนั้นสารที่จะแยกสภาพการมีขั้วที่แตกต่างกัน สภาพของสเทชันนารีเฟส และความสามารถในการละลายของสารที่จะแยกในเฟสทั้ง 2 แตกต่างกัน ผลเหล่านี้จะทำให้สารเคลื่อนที่แยกเป็นแถบ (band) ต่าง ๆกัน นอกจากนี้ น้ำหนัก ขนาดและลักษณะของโมเลกุลของสารที่แยกมีส่วนสำคัญมากที่จะทำให้สาร แยกเป็นแถบต่าง ๆ ในระหว่างเฟสทั้ง 2 ด้วย

สำหรับการใส่สารที่จะแยกลงไปบนสเทชันนารีเฟสในคอลัมน์อาจจะทำโดยทั่ว ๆ ไปได้ 2 วิธี คือ ละลายสารที่จะแยกในตัวทำละลายที่เหมาะสมและใช้ตัวทำละลายน้อยที่สุด แล้วนำสารที่ละลายไปเติมทางด้านบนของสเทชันนารีเฟส หรืออีกวิธีหนึ่งคือละลายสารที่จะแยกในตัวทำละลายที่เหมาะสมและเติมแอด-ซอพเบนท์ (adsorbent) ซึ่งเป็นสารที่ใช้เป็นสเท-ชันนารีเฟสจำนวนพอเหมาะ และ คลุกเคล้า อยู่ ในลักษณะเป็นแบบอีมัลชัน (emultion) ทำการระเหยตัวทำละลายออกจนเกือบแห้ง นำไปใส่ลงด้านบนของสารสเทชันนารีเฟส ส่วนโมไบล์เฟสที่ใช้เรียกว่าอีลูแอนท์ (eluant) มักจะเริ่มต้นจากสารละลายที่มีสภาพการมีขั้วต่ำสุด (lowest polarity) แล้วค่อย ๆ เพิ่ม สภาพการมีขั้วอย่างช้า ดังในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงโพลาริตี้ของสารละลายที่นิยมใช้กันมากสุด

Eluting solvents	Formula	
Petroleum ether	C_5-C_6 -hydrocarbons	
Cyclohexane	C_6H_{12}	
Carbon tetrachloride	CCl_4	
Benzene	C_6H_6	
Dichloromethane	CH_2Cl_2	
Chloroform	$CHCl_3$	increasing eluting
Ether	EtOEt	power with highly
Ethyl acetate	CH_3COOEt	polar carier
Acetone	CH_3COCH_3	
Ethanol	EtOH	
Methanol	MeOH	
Water	H_2O	
Pyridine	C_6H_5N	
Acetic acid	CH_3COOH	

การตรวจสอบสารที่แยกออกจากคอลัมน์ที่ปลายอีกข้างหนึ่งของสเทชันนารีเฟส ซึ่งเทคนิคที่นิยมใช้โดยมากจะใช้ธินแลเยอร์หรือกระดาษโครมาโตกราฟฟีในการตรวจหาสารที่ออกมาจากคอลัมน์ซึ่งวิธีนี้ค่อนข้างจะสะดวก และค่าใช้จ่ายก็ถูกด้วยแต่ว่าเสียเวลาในการตรวจสอบหาสารที่ออกมาและวิธีนี้จะใช้กับคอลัมน์ธรรมดาทั่ว ๆ ไป ส่วนอีกวิธีหนึ่งจะใช้เครื่องมือตรวจสอบ(detector)โดยจะอยู่ที่ปลายของคอลัมน์ที่อิลูแอนท์ออกมา ดังนั้นที่เครื่องบันทึก(recorder) จะมี สัญญาณพีค (peak) ต่าง ๆ ซึ่งจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับ ปริมาณสาร ที่ แยก แต่ ละตัวแยกออกจากกัน ดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งวิธีนี้ จะ ใช้ คอลัมน์โครมาโตกราฟฟีที่ใช้เครื่องอัดอากาศต่ำ (LPLC : low pressure liquid chromatography) หรือใช้เครื่องอัดอากาศค่านข้างสูง (HPLC:high Pressure liquid chromatography แต่มักนิยมเรียกว่า high performance liquid chromatography) สองวิธีหลังนี้จะแตกต่างกับวิธีคอลัมน์โครมาโตกราฟฟีธรรมดาคือ LPLC และ HPLC จะใช้แอดซอบเบนท์ที่มีความละเอียด และราคาแพงกว่าสารละลายที่ทำหน้าที่เป็นโมไบล์เฟสจะต้องทำให้สะอาดและบริสุทธิ์มาก มีเครื่องตรวจสอบบอกสารที่แยกออกมา และใช้เครื่องอัดอากาศเพื่อให้เกิดความรวดเร็วในการแยกดังนั้น HPLC จึงเป็นเครื่องมือที่ซับซ้อนมากกว่า แต่ทว่ามีความสามารถในการแยกสูงมากด้วยโดยเฉพาะอย่างยิ่งสารที่แยกนั้น ไม่สามารถแยกด้วยคอลัมน์ธรรมดา แต่ถ้าใช้ HPLC ก็สามารถแยกได้และมีประสิทธิภาพดีกว่าด้วย สำหรับหลักการทั่ว ๆ ไปจะคล้ายคลึงกันกับคอลัมน์โคร มาโตกราฟฟีธรรมดา



รูปที่ 1 แสดงคอลัมน์โครมาโตกราฟฟีพร้อมกับสัญญาณพีคที่แยกออกจากคอลัมน์

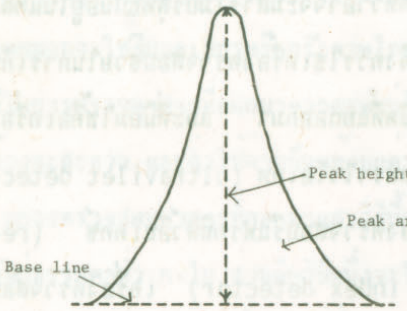
การใช้เทคนิคโครมาโตกราฟฟีวิเคราะห์หาปริมาณและคุณภาพ

แม้ว่าโครมาโตกราฟฟีแบบ GLC และ HPLC เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพและเป็นวิธีที่มีประโยชน์มากในการแยกสารที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน ยิ่งไปกว่านั้นยังให้ผลของการแยกเป็นทั้งแบบคุณภาพ (qualitative) และแบบปริมาณ (quantitative) จึงเหมาะสำหรับการวิเคราะห์สารมีจำนวนน้อย ๆ แต่ก็ขึ้นอยู่กับความสามารถของเครื่องตรวจสอบและประสิทธิภาพของสเทชันนารีเฟสที่อยู่ในคอลัมน์รวมถึงก๊าซหรือสารละลายที่ทำหน้าที่เป็นโมไบล์เฟสด้วย โดยเฉพาะของ HPLC นั้นการฉีดสารเข้าไป (injection) จะมีส่วนสำคัญเช่นกันที่จะทำให้การแยกสารในคอลัมน์มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น ซึ่งทั่ว ๆ ไปการฉีดสารเข้าไปใน HPLC ที่ใช้กันมี 2 ชนิดคือการฉีดเข้าในคอลัมน์โดยตรงด้วยซิริงจ์หรือเข็ม (syringe or needle injection) ซึ่งวิธีนี้แม้จะทำให้สารที่จะแยกมีแถบแคบและผลทำให้การแยกสารได้ดีกว่า แต่ทว่าในขณะที่ทำการฉีดสารเข้าไปจะทำให้ความอัดอากาศ (pressure) ในระบบการทำงานลดลงและไม่ติดต่อกัน ดังนั้นเทคนิคนี้จะต้องมีความชำนาญพอสมควรในการฉีดสารเข้าไปด้วย อีกวิธีหนึ่งคือ การฉีดสารเข้าคอลัมน์โดยผ่านห่วง(loop injection) ซึ่งการใช้เทคนิคนี้จะมีความสะดวก และความอัดอากาศในระบบการทำงานจะติดต่อกัน แต่การฉีดสารเข้าไปจะทำให้ได้แถบกว้างกว่าและประสิทธิภาพการแยกด้อยกว่าวิธีแรก อย่างไรก็ตามจะใช้วิธีฉีดสารผ่านห่วงมากกว่าฉีดเข้าโดยตรงด้วยซิริงจ์[6] ส่วน GLC ฉีดโดยตรงด้วยซิริงจ์จะต้องคำนึงถึงอุณหภูมิและอัตราความเร็วของก๊าซที่ผ่านเข้าไปในคอลัมน์ด้วย

สำหรับสารที่จะแยกออกมาเป็นแถบ ๆ มีสีแตกต่างกัน อาจจะเก็บสารแต่ละชนิดตามแถบที่แยกออกมาจากกันแต่ทว่าอาจจะมีสารไม่บริสุทธิ์ปนอยู่ในแต่ละแถบได้ จึงควรใช้เครื่องตรวจสอบช่วยในการเก็บสารแต่ละชนิดที่แยกออกมา และที่นิยมใช้คือเครื่องตรวจสอบอัลทราไวโอเลท (ultravilet detector) เครื่องตรวจสอบรีแฟรคทิฟว์อินเดคซ์ (refractive index detector) เครื่องตรวจสอบฟลูออเรสเซนท์ (fluorescent detector) หรือเครื่องตรวจสอบอื่น ๆ ที่เหมาะสม

การใช้โครมาโตกราฟฟีวิเคราะห์หาคุณภาพโดยที่โมไบล์เฟสอยู่ในสภาวะเดียวกันกับสารที่แยกแต่ละแถบจะให้ค่าเวลารีเทนชัน(retension time) เท่ากันเสมอ เวลารีเทนชันดังกล่าวคือช่วงเวลาหรือระยะทางที่เริ่มฉีดสารเข้าไปถึงเริ่มเกิดสัญญาณพีคขึ้น ดังนั้นอาจจะเปรียบเทียบกับค่าเวลารีเทนชันที่ได้กับค่าเวลารีเทนชันของสารที่ทราบโครงสร้างเพื่อจะทำให้ทราบโครงสร้างเปรียบเทียบ วิธีนี้เหมาะสำหรับวิเคราะห์หาสารต่าง ๆ ในสารผสมที่ทราบสูตรโครงสร้าง เช่น การวิเคราะห์กรดอะมิโนที่เกิดจากการไฮโดรไลซ์ของโปรตีน โดยเปรียบเทียบตำแหน่งยอดของแถบในโครมาโตแกรมที่เกิดขึ้น โดยทั่ว ๆ ไปจะใช้วิธีของ GLC หรือ HPLCสำหรับ GLC จะต้องคำนึงถึงอุณหภูมิ และขนาดความละเอียดของแอบซอบเบนท์ที่ทำหน้าที่เป็นสเทชันนารีเฟส [7]และส่วนใหญ่จะใช้การวิเคราะห์ทางเคมี หรือทางสเปคตราเพื่อใช้ในการยืนยันหาสูตรโครงสร้างด้วย[8]

การวิเคราะห์หาปริมาณของสารที่แยกออกมาจากโครมาโตกราฟฟี ซึ่งจะทำโดยการเปรียบเทียบพื้นที่ใต้พีค (peak area) หรือความสูงของพีค (peak height) ที่ได้จากโครมาโตแกรมดังรูป 2 ในการคำนวณหาปริมาณของสารแต่ละตัวที่แยกออกมา



รูปที่ 2 พีคโครมาโตกราฟฟีแสดงพื้นที่ใต้พีค ความสูง และฐานของพีค

โดยให้พื้นที่พีคหรือความสูงของพีครวมกันทั้งหมดเท่ากับ 100 %และพื้นที่พีคหรือความสูงของพีคแต่ละพีคจะเป็นเปอร์เซ็นต์ของพีคทั้งหมด หรืออาจจะใช้เปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐาน อีกวิธีหนึ่งค่อนข้างง่าย ทำโดยถ่ายเอกสารพีคทั้งหมดและตัดแต่ละพีคมาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งแบบละเอียดก็จะทราบปริมาณของสารแต่ละตัวที่แยกออกมา(เพราะว่าทราบปริมาณสารทั้งหมดก่อนจะทำการอินเจคชัน) วิธีนี้จะวัดปริมาณได้ละเอียดไม่ว่ารูปร่างของพีคจะเป็นแบบใดก็ตามและมีความสะดวกและราคาไม่แพงนัก วิธีสุดท้ายจะใช้เครื่องไฟฟ้าวัดพื้นที่ใต้พีคที่เรียกว่า แพลนิมิเตอร์ (planimeter) ซึ่งพีคไม่ว่าจะมีรูปร่างอย่างไรก็สามารถคำนวณเป็นปริมาณของสารแต่ละตัวที่แยกออกมาได้ หรือใช้อิเล็คโตรนิคอินทิเกรเตอร์ (electronic integrator) ซึ่งจะบอกปริมาณของสารแต่ละชนิดที่แยกออกมา

ประโยชน์ของโครมาโตกราฟฟี (9)

โครมาโตกราฟฟีเป็นเครื่องมือที่สำคัญ และใช้อย่างกว้างขวางในการแยกสารต่าง ๆ ที่เป็นทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ ซึ่งให้ผลการวิเคราะห์ทั้งแบบคุณภาพและแบบปริมาณ ไม่ว่าจะเป็นการประยุกต์แบบเชิงวิเคราะห์หรือแบบเตรียมการ (anaytical or preparative application)[10] และเหมาะสำหรับทำการค้นคว้าวิจัยต่าง ๆ (research application) โดยจะให้ความสะดวกในการแยกสารให้บริสุทธิ์ เพื่อวิเคราะห์หาสูตรโครงสร้างต่างๆ สำหรับ GLC จะเหมาะสำหรับสารที่ค่อนข้างจะระเหยได้ง่าย แต่ว่า HPLC จะใช้ได้ทั้งสารที่ระเหยและสารที่ไม่ระเหยด้วย ดังนั้นการเลือกใช้เทคนิคการแยกสารด้วยโครมาโตกราฟฟี ในการแยกสารจะต้องเลือกให้เหมาะสมกับสารที่แยกด้วย

เอกสารอ้างอิง

1. B.L. Krager, L.R. Snyder and C. Horvath An Introduction to Separations Science, John Wiley & Sons, New York, (1973) p.3.
2. K.C. Bailey, The Elder Pliny's Chapters on Chemical Subjects Arnold & Co.,London (1929).
3. L. Zechmeister, in Chromatography edited by E.Heftmann, Reinhold Publishing Co., New York, (1961) p.8.
4. D.T. Day, Congr. intern petrole Paris, 1:53(1900) Science, 17: 1007(1903).
5. J.M. Miller Separation Methods in Chemical Analysis, John Wiley & Soc Inc., New York(1975) p 1; L.S. Ettre, Anal. Chem., 43: 204(1971).
6. K. Macek, Chromatography edited by E.Heftmann, Reinhold Publishing Co., New York (1961) p.124.
7. J.S. Fruton, Molecules and life, John Wiley & Sons. Inc., New York(1972) p.169.
8. C.D. Mickey, J. Chem Educ. 57: 210(1980) C.Yamazaki, N.Nagashima & T.Takenishi, Anal. Chem. 32: 733(1960).
9. H.F.Walton, Anal. Chem. 48: 52R(1976) G.Zweig and J.Sherma, Anal. Chem. 48: 66R (1976), H.J.Issaq & E.W.Barr, Anal.Chem. 49:83A(1977) J.D.Mulik & E.Sawicki, Environ.Sci.Technol., 13: 804(1979).
10. C.D. Mickey, J.Chem.Educ, 58: 979(1981).

ก๊าซเรดอน อันตรายเบื้องต้นจากแร่ยูเรเนียม

วิวัฒน์ นิติวรนันท์*

แร่ยูเรเนียมนับ เป็นแร่ที่สำคัญทางเศรษฐกิจอย่างหนึ่ง โดยเฉพาะในการใช้เป็นเชื้อเพลิงในการสร้างพลังงาน ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันว่าพลังงานที่ได้จากแร่ยูเรเนียม จะเป็นสิ่งที่ใช้ทดแทนพลังงานที่ได้จากน้ำมันปิโตรเลียม ซึ่งนับวันจะน้อยลงไปตามปริมาณการใช้ ซึ่งเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ แร่ยูเรเนียมบริสุทธิ์ขนาดเท่าผลมะนาว สามารถให้พลังงานได้เทียบเท่ากับพลังงานจากน้ำมันปิโตรเลียมนับแสนบาร์เรล แต่จากการที่แร่ยูเรเนียมเป็นสารกัมมันตรังสีซึ่งสามารถแผ่กัมมันตภาพรังสีออกมาทำให้การนำพลังงานจากแร่ยูเรเนียมมาใช้ต้องมีอุปสรรค กล่าวคือ อันตรายของรังสีจากสารกัมมันตรังสีนี้ มีผลทำให้ต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายในการผลิตพลังงานมีค่าสูงขึ้นมาก เนื่องจากต้องมีระบบความปลอดภัยต่าง ๆ อย่างเข้มงวด นับตั้งแต่การขุดหรือทำเหมืองแร่ยูเรเนียม, การสกัดทำให้แร่บริสุทธิ์,การแต่งรูปเชื้อเพลิง, การนำไปทำปฏิกิริยาแตกตัวทางนิวเคลียร์ (Nuclear Fission) การควบคุมปฏิกิริยาภายในเครื่องปฏิกรณ์ และการกำจัดกากเชื้อเพลิง ซึ่ง เป็น สาร กัมมันตรังสี ที่ มีอา ยุยาว (Longlife radio activity)สำหรับในบทความนี้จะเน้นถึงข้อที่ควรคำนึงเกี่ยวกับอันตราย เบื้อง ต้นของสินแร่ยูเรเนียม คือ อันตรายจากก๊าซเรดอนซึ่งพบอยู่เสมอในการขุดหรือทำเหมืองแร่ยูเรเนียม

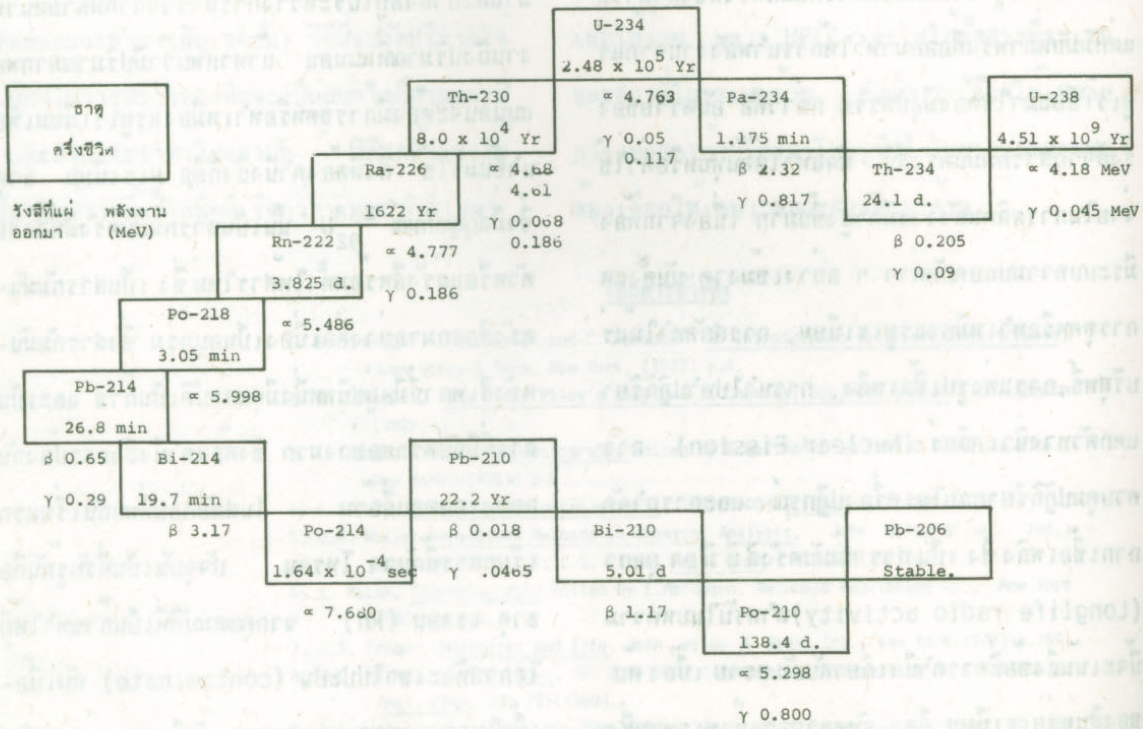
แร่ยูเรเนียมเป็นแร่ที่พบมากมายหลายแห่งในโลก ในน้ำทะเลทั้งหมดจะมีปริมาณแร่ยูเรเนียมอยู่ถึง 4000 ล้านตัน สำหรับแหล่งใหญ่ของยูเรเนียมบนพื้นทวีป ได้แก่ สหรัฐอเมริกา,อาร์เจนตินา, แคนาดา และออสเตรเลีย เชื่อกันว่าในรัสเซียและจีนก็มีอยู่มากเช่นกัน สำหรับในประเทศไทยก็เข้าใจว่ามีแร่ยูเรเนียมอยู่ในบริเวณแถบภาคอีสาน ซึ่งเชื่อว่ามีปริมาณพอเพียงในการที่จะลงทุนขุดหรือ ทำเหมืองขึ้นมาและกำลังอยู่ในระหว่างการสำรวจจากหลายหน่วยงานถึงปริมาณที่แน่นอน ถ้าหากพบว่ามีปริมาณมากพอแน่นอนจะต้องมีการขุดหรือทำเหมืองแร่ยูเรเนียมเพื่อนำขึ้นมาใช้ สิ่งที่ต้องคำนึงถึงก็คือ ยูเรเนียม ธาตุซึ่งมีสัญญลักษณ์ $^{238}_{92}U$ นั้นเป็นสารกัมมันตรังสีที่สลายตัวหรือแผ่รังสีพร้อมทั้งให้สารใหม่ซึ่ง เป็นสารกัมมันตรังสีออกมาอย่างต่อเนื่องเป็นอนุกรม ซึ่งสารกัมมันตรังสีเหล่านี้มีอยู่ชนิดหนึ่งมีคุณสมบัติเป็นก๊าซ และเป็นสารที่มีอันตรายอย่างมาก ซึ่งต้องคำนึงถึงการป้องกันอย่างรอบคอบถี่ถ้วน ในสมัยก่อนที่พบกันเริ่มแรกเรียกสารนี้กันว่า โทรอน ปัจจุบันเป็นที่รับรู้กันคือธาตุ เรดอน (Rn) จากคุณสมบัติที่เป็นก๊าซทำให้มีโอกาสที่จะเข้าไปปะปน (contaminate) กับเนื้อเยื่อในร่างกายของคนเราอย่างทั่วถึง และยุ่งยากในการป้องกัน

* อาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

คุณสมบัติทั่ว ๆ ไปของกาซเรดอน

เรดอนในธรรมชาติมีอยู่ด้วยกันสามไอโซโทป คือ Radon (^{222}Rn), Thoron(^{220}Rn) และ Actinon(^{219}Rn) มีคุณสมบัติเป็นกาซที่อุณหภูมิบรรยากาศมีจุดเดือดและจุดเยือกแข็งที่ -61.8 และ -110 °C ตามลำดับ ที่สำคัญคือมีคุณสมบัติเป็นสารกัมมันตรังสี ซึ่งสลายตัวให้สารกัมมันตรังสีอื่นอย่างต่อเนื่องเป็นอนุกรม ดังแสดงไว้ในแผนภาพการสลายตัว (decay scheme) ของอนุกรมของยูเรเนียม ตามรูปที่ 1

กาซเรดอนมีคุณสมบัติทางเคมี เป็น กาซเฉื่อย (inert gas) ซึ่งไม่ค่อยทำปฏิกิริยาทางเคมีกับสารใด ๆ แต่ในบรรดากาซเฉื่อยด้วยกัน กาซเรดอนจะละลายในน้ำและในสารพวกของเหลวอินทรีย์ (organic liquids)ทั้งหลายได้ดีที่สุด ซึ่งการกำหนดความสามารถในการละลายของตัวถูกละลาย (Solute) ใด ๆ กำหนดโดยค่าสัมประสิทธิ์ของบุนเสน (Bunsan's coefficient) ซึ่งใช้สัญญลักษณ์ α โดยนิยามว่า α คือปริมาตรของกาซใด ๆ ที่ 0 °C ความดัน 1 บรรยากาศที่ถูกดูดกลืนเข้าไปในของเหลวปริมาตร 1 หน่วย ที่ความดัน 1 บรรยากาศ เช่นกัน เมื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ของบุนเสน ในการละลายของกาซเรดอนกับกาซเฉื่อยอื่น ๆ เช่น เซนอน (Xenon) และ ฮีเลียม (Helium)พบว่า เรดอนจะละลายในน้ำได้เป็น 2 เท่า และ 50 เท่าตามลำดับ สำหรับค่า α ของเรดอนในน้ำมีค่าเท่ากับ 0.5



รูปที่ ๑ อนุกรมของยูเรเนียม

อันตรายจากก๊าซเรดอน

จากคุณสมบัติที่ละลายได้ดีในของเหลว เรดอนยังสามารถเกาะกับกระดูกของคนเราได้อีกด้วย ดังนั้น ถ้าเราได้รับก๊าซเรดอนเข้าไปในระบบหายใจ ซึ่งเป็นทางติดต่อกับกระแสโลหิต เรดอนจะละลายเข้าไปในกระแสโลหิต ขณะเดียวกันก็สลายตัวให้รังสีแอลฟาพลังงาน 5.48 MeV และรังสีแกมมาพลังงาน 0.045 MeV ซึ่งมีผลต่อเซลที่อยู่ใกล้ กล่าวคือ เซลบริเวณนั้นจะถูกทำลายหรือผิดปกติไปได้ นอกจากนี้เมื่อสลายตัวอย่างต่อเนื่อง จะ ให้สารรังสีที่มีช่วงชีวิตยาวมากคือ ^{210}Pb ซึ่งมีครึ่งชีวิตคือ 22.2 ปี ที่ใดก็ตามที่เรดอนไปเกาะอยู่ก็จะเกิดมีตะกั่ว(^{210}Pb) ขึ้นด้วย จากการที่มีอะตอมของธาตุหนักซึ่งเป็นสารรังสีปะปนอยู่ ร่างกายจะสร้างบางสิ่งมากำจัดหรือหอหุ้มสิ่งแปลกปลอมนี้ ซึ่งเชื่อว่าเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดเนื้องอกและมะเร็งขึ้นได้

ได้มีนักวิทยาศาสตร์ ทำ การทดลองตรวจสอบค่าการละลายของก๊าซเรดอนในโลหิตคน ซึ่งทำทั้งแบบตัดเนื้อเยื่อ และเลือกมาตรวจสอบภายนอกร่าง-

ตารางที่ 1

Calculation of the Whole Body Solubility Coefficient of Radon in Man

Tissue	% of Whole Body Wt	Radon Solubility) Coefficient α'	Product α' x % Body Wt
Muscle	43	0.154	6.62
Skin (2000 gm) and Subcutaneous Tissue	8.7	0.154	1.30
Fat	14	4.83	67.62
Skeleton (Less Marrow)	10	0.154	1.54
Red Marrow	2.1	0.43	0.90
Yellow Marrow	2.1	4.83	10.14
Blood	7.7	0.43	3.31
G.I Tract	2.9	0.303	0.88
Liver	2.4	0.306	0.73
Brain	2.1	0.309	0.65
Lungs	1.4	0.303	0.42
Lymphoid Tissue	1.0	0.303	0.30
Kidney	0.43	0.285	0.12
Heart	0.43	0.221	0.10
Spleen	0.21	0.303	0.06
Urinary Bladder	0.21	0.154	0.03
Testes	0.057	0.184	0.01
Balance	1.263	0.303	0.38

กาย (In-vitro experiment) และทดสอบภายในร่างกาย (In-vivo experiment) โดยทำการทดลองที่อุณหภูมิร่างกาย (37 °C) ได้ค่าสัมประสิทธิ์การละลายของก๊าซเรดอน (α') เท่า ๆ กันคือ 0.31 สำหรับโลหิตของคนปกติ ถ้าในคนที่มีโลหิตจางค่า α' จะน้อยลงคือประมาณ 0.224 และในคนที่มีเม็ดโลหิตแดงมากผิดปกติ จะมีค่า α' ประมาณ 0.37

สำหรับค่าสัมประสิทธิ์ของบุนเสน (α) จะมีความสัมพันธ์กับค่า α' ตามสมการ

$$\alpha = \alpha'_t \left(\frac{t + 273}{273}\right)$$

เมื่อ t คืออุณหภูมิที่ทำการทดลองเป็น °C

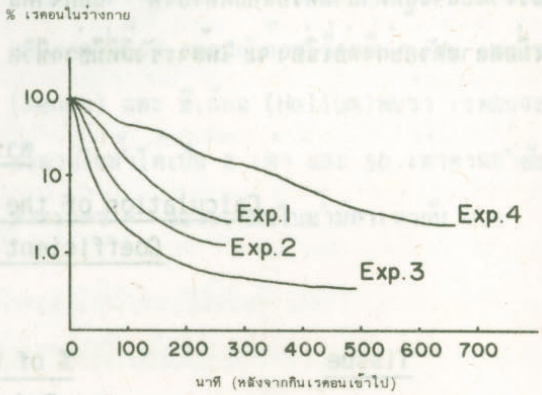
นอกจากนี้แล้วยังมีคนทดลองหาการละลายของก๊าซเรดอนในน้ำเกลือ พบว่ามีค่า α'_{37} เท่ากับ 0.148 แสดงให้เห็นได้อย่างชัดเจนว่า ก๊าซเรดอนเกาะได้ดีกับเม็ดเลือดได้มีคนทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนของเรดอนตลอดร่างกาย โดยทำการทดลองแบบ in-vitro โดยแยกเป็นเนื้อเยื่อแต่ละประเภทได้ผลดังแสดงไว้ในตารางที่ 1

จากผลในตารางที่ 1 จะเห็นว่าก๊าซเรดอนละลายได้ดีมากในสารประเภทไขมัน ซึ่งทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การละลายตลอดร่างกายคนมีค่าสูงถึง 0.95 ซึ่งตอนสมัยเริ่มแรกของการทำเหมืองยูเรเนียมจำนวนคนที่เป็นมะเร็งภายในเหมืองมีสูงมากเพราะตอนนั้นความรู้เกี่ยวกับก๊าซเรดอนมีน้อยมาก

การลดลงของเรดอนเมื่อกินเข้าไปในร่างกาย

การทดลองเกี่ยวกับผลของเรดอนเมื่อคนเรากินเข้าไป ได้มีผู้ทำการทดลอง คือ Hursh et al. (2)

วิธีการทดลองของเขาก็คือ ใช้คนมาทำการทดลอง 4 คน โดย 3 คนแรกไม่ให้กินอาหาร และคนที่ 4 กินอาหาร เสร็จแล้วให้คนทั้ง 4 กินสารละลายของ Radon ประมาณ 1 ไมโครคูรี ผสมกับน้ำ 100 มิลลิลิตร ต่อจากนั้นก็ทำการวัด Radon ที่อยู่ภายในร่างกายในเวลาต่าง ๆ กัน หลังจากที่กินสารละลายเข้าไปแล้ว โดยคิดเปรียบเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ให้ปริมาณของเรดอนตอนกินเข้าไปครั้งแรกเป็นร้อยละร้อย ได้ผลดังกราฟ ตามรูปที่ 2



รูปที่ ๒ ผลการทดลองของ Hursh et al.(2)

จะเห็นได้ว่า สำหรับผู้ทดลองที่กินอาหาร Radon จะอยู่ในร่างกายได้นานกว่าผู้ที่ไม่ได้กินอาหาร

การป้องกันอันตรายจากก๊าซเรดอนภายในเหมืองยูเรเนียม

ภายในเหมืองที่มีสินแร่ยูเรเนียม จะมีก๊าซเรดอนอยู่จำนวนหนึ่งปกคลุมอยู่ภายในเหมือง เนื่องจากเรดอนมีน้ำหนักมากกว่าอากาศ วิธีการป้องกันอย่างง่าย ๆ 2 วิธี สำหรับอันตรายจากก๊าซเรดอนก็คือ

1) ใช้ระบบระบายอากาศ (Ventilation) วิธีนี้นิยมใช้กันแพร่หลายตามเหมืองแร่ยูเรเนียมทั่ว ๆ ไป หลักการของ Ventilation คือถ่ายเทอากาศภายในเหมือง ซึ่งมีปริมาณเรดอนมากให้ออกมาสู่ภายนอก โดยอัดอากาศเข้าไปในเหมืองให้อากาศระบาย

ออกผ่านท่ออีกด้านหนึ่งซึ่งติดตั้งสารดูดกลืนก๊าซเรดอน (radon absorber)ไว้ซึ่งส่วนมากใช้พวก Activated Carbon (porous formed)

2) ใช้หน้ากากป้องกัน(Respirators)โดยสรวมครอบจมูกเวลาทำงานที่เกี่ยวข้องกับก๊าซเรดอน ที่หน้ากากบริเวณจมูกจะมี Activated charcoal ทำหน้าที่ดูดกลืนเรดอนอยู่ไม่ให้เข้าสู่ระบบหายใจของคนเรา

นอกจากนี้เรเดียมและเรดอนยังเป็นสารที่ใช้ในทางการแพทย์ ซึ่งเท่าที่ปรากฏพบว่าการทำงานกับเรเดียมและเรดอนนั้น ร่างกายจะได้รับรังสีโดยการถูกรังสีแกมมาจากภายนอกร่างกาย เนื่องจากระบบการกำบังรังสีไม่ดีพอ และการหายใจเอาเรดอนเข้าไป เนื่องจากการรั่วไหลของวัสดุกัมมันตรังสี ดังนั้น จึงจำเป็นที่จะต้องมีความระมัดระวังในการตรวจสอบและป้องกันรังสีอย่างสม่ำเสมอ

เอกสารอ้างอิง

1. Nussbaum, Elmer. (1966). Radon Solubility in Body Tissues and in Fatty Acids. New York : The University of Rochester
2. Hursh, John B., Morken, Donald A., Davis, Thomas P., and Lovaas, Arvin.(1965) "The Fate of Radon Ingested by Man". Health Physics. 11 : 465-476.
3. Spencer, N. Spittel,L. Towles, T., and Lady, G.(1968). Control of Radiation Exposure in Uranium Mines. Report UR-042: A cost and economic analysis

การสร้างกล้องดาราทัศน์ด้วยตนเอง ตอนที่ 1

สามารถ อังศุสิงห์*

คำนำ

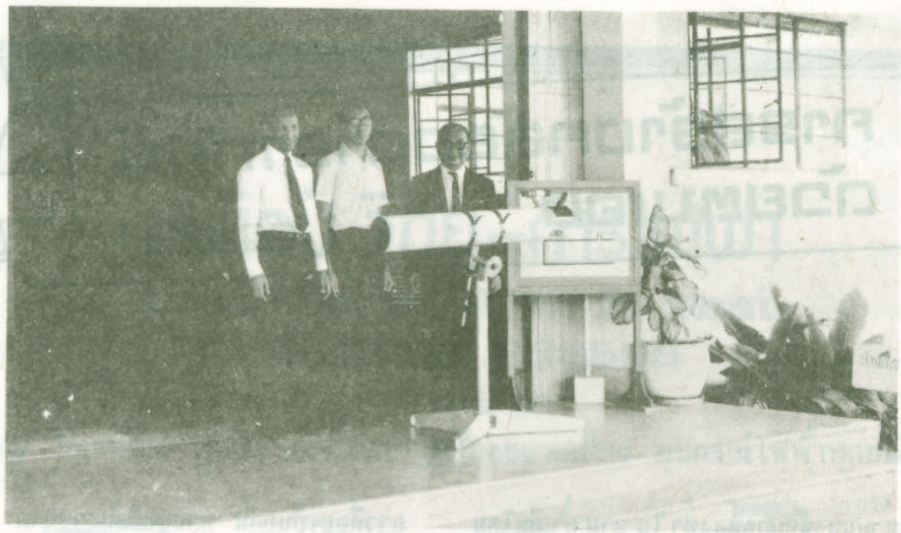
ถ้าท่านแหงนหน้าดูท้องฟ้าในยามค่ำคืนโดยเฉพาะในคืนที่มีบรรยากาศดี ท้องฟ้าแจ่มใสจะเห็นดวงดาวเป็นประกายระยิบระยับทั่วไป มองดูระเกะระกะเหมือนไม่มีระเบียบ แต่แท้ที่จริงแล้วดวงดาวเหล่านี้ มนุษย์ในสมัยก่อนได้จัดระเบียบของแต่ละดวงดาวไว้ ซึ่งทุกวันนี้ก็ยังคงสภาพของมันอยู่ไม่เปลี่ยนแปลง มนุษย์ในยุคนั้นขาดเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์เข้าช่วยในการศึกษาจึงใช้แต่ตาเปล่า ๆ แม้กระนั้นก็ยังสามารถแบ่ง วัน เดือน ปี และรู้ทิศทางการหมุนและเคลื่อนที่ของจักรวาลได้ ถ้าท่านมองดูดาวด้วยตาเปล่าก็จะเห็นว่ามีอยู่เพียงไม่มากมายนัก แต่ด้วยกล้องส่องทางไกลท่านจะมองเห็นดวงดาวเพิ่มขึ้นอีกหลายสิบเท่า อย่างน้อยท่านสามารถจะมองเห็นภูเขาในดวงจันทร์ได้อย่างที่ไม่เคยเห็นมาก่อน แต่ถ้าท่านมีกล้องดาราทัศน์แม้จะเป็นขนาดเล็ก ท่านก็จะเห็นดวงดาวเพิ่มขึ้นจากที่เห็นโดยตาเปล่าหลายเท่าทวีคูณ ท้องฟ้าที่มองด้วยตาเปล่าเหมือนมีดาวเพียงไม่กี่ดวง เมื่อใช้กล้องดาราทัศน์ส่องดูจะเต็มไปด้วยดวงดาวระยิบระยับ ตรงบริเวณที่เห็นว่างเปล่าก็ยังมีดวงดาวอยู่

นอกจากดวงดาวที่เห็นอยู่ประจำทุก ๆ คืนแล้ว กล้องดาราทัศน์ยังจะเพิ่มความมหัศจรรย์ให้เห็นกลุ่มดาวที่อยู่เป็นคู่กัน กาแลคซีอันสวยงาม วงแหวนของดาวเสาร์ และกลุ่มดวงจันทร์ของดาวเคราะห์ ซึ่งไม่มีโอกาสจะเห็นด้วยตาเปล่า นอกจากนี้แล้วกล้องดาราทัศน์ยังสามารถใช้เป็นกล้องส่องทางไกลที่มีกำลังขยายมากจนท่านอาจจะส่องดูภูมิประเทศที่ไกลให้เสมือนมาอยู่ตรงหน้าได้ เช่น เห็นนก หรือผีเสื้อที่เกาะอยู่ตามพุ่มไม้อันแสนไกลได้อีกด้วย

อนึ่งข้าพเจ้าขออภัยเสียก่อนว่ามิใช่เป็นผู้เชี่ยวชาญในการสร้างกล้องดาราทัศน์ หรือที่ทั่วไปเรียกกันว่าโทรทัศน์ ข้าพเจ้าอยากชักชวนให้เรียกว่ากล้องดาราทัศน์จะเป็นการเหมาะสมกว่า ทั้งนี้เพราะถ้าเราพูดถึงกล้องโทรทัศน์อาจจะมีผู้เข้าใจผิดว่าหมายไปถึงกล้อง T.V. เพราะเมื่อพูดว่าดูโทรทัศน์ทุกคนก็เข้าใจว่าดู T.V. นั่นเอง การที่เราจะถอดคำของฝรั่งมาเป็นไทยโดยตรงอาจทำให้ไขว้เขวได้ง่าย เพราะฝรั่งมีศัพท์ 2 คำ ซึ่งคนเข้าใจได้ไม่สับสน Telescope และ Television เพราะฉะนั้นถ้าเราจะมาเรียกว่า กล้องดาราทัศน์ทุกคนที่เป็นคนไทยจะทราบได้ทันทีว่าเป็นกล้องที่ใช้ดูดาวในท้องฟ้า

อนึ่งข้าพเจ้าขอออกตัวอีกครั้งหนึ่งว่าข้าพเจ้ามิใช่นักดาราศาสตร์ทั้งในด้านความรู้และด้านงานอดิเรก ข้าพเจ้าเป็นเพียงนักดูดาวสมัครเล่น (Star

*ดร.พ.ท.สามารถ อังศุสิงห์ กลุ่มเภสัชกรการอุตสาหกรรม เลขที่ 40 สุขุมวิท 38 กรุงเทพ 11.



กล้องดาราทัศน์ที่สร้างโดยผู้เขียน แสดงให้เยาวชนชม
ณ ท้องฟ้าจำลองกรุงเทพฯ
จากซ้าย อาจารย์นิพนธ์ ทรายเพชร์ ผู้อำนวยการท้องฟ้าจำลอง นายสารนิต อังศุสิงห์
และอาจารย์สิงโต ปุกหุต อดีตผู้อำนวยการท้องจำลองฯ

observer) ธรรมดา ๆ เท่านั้น ที่เขียนขึ้นมานี้ก็ได้อาศัยตำราจากต่างประเทศ และประสพการณ์ ที่ได้จากการล้มเหลวในการทำกล้องดาราทัศน์ เนื่องจากค่อยคลำค่อยทำไปนั่นเอง จึงหวังเป็นอย่างยิ่งว่าความผิดพลาดของข้าพเจ้านี้คงจะเป็นบทเรียนสอนผู้ที่สนใจในงานนี้บ้างไม่มากก็น้อย

ข้าพเจ้า เขียนขึ้นเพื่อ ให้ผู้สนใจในการจะทำกล้องได้เข้าใจง่าย ๆ ไม่ยุ่งยากเกินไปจนอ่านแล้วบังเกิดความท้อถอย ทั้งจะเป็นเครื่องกระตุ้นเตือนใจบรรดาเยาวชนและผู้สนใจ ให้ ใช้ เวลา ว่างเช่นตอนหยุดภาคเรียน หัด ทำ ไป ได้ทั้งความรู้และเพลิดเพลิน หนังสือนี้จึงเหมาะสำหรับ ผู้สนใจ เป็นนักดูดาวสมัคร-เล่น และ มีความปรารถนา ที่จะสร้างกล้องดาราทัศน์ด้วยตนเองซึ่งจะประหยัดเงินได้มาก และเป็นความภาคภูมิใจอีกด้วย หนังสือนี้จะ ช่วย ให้สร้างกล้อง-ดาราทัศน์สำหรับใช้ศึกษาดวงดาวได้ โดย ไม่ ต้อง ซื้อจากต่างประเทศในราคาแพง สำหรับท่านที่จริงจังต่อศาสตร์อันนี้จำเป็นต้องใช้ตำราอื่นๆประกอบการสร้างอีกมาก อาจต้องอาศัยเครื่องมือตรวจสอบที่มีคุณภาพรวมทั้งเครื่องมือในการสร้างด้วย ในบ้านเรามิได้มีใครสนใจในเรื่องนี้อย่างจริงจัง เราจึงขาดทั้งนักดาราศาสตร์ และนักดูดาวสมัครเล่น เนื่องจากเครื่องมือเครื่องใช้ทางวิชาการนี้ล้วน มีราคา แพง ประเทศญี่ปุ่นพบดาวหางหลายดวงในเวลาใกล้ๆ กันนี้ก็เพราะเขาสามารถสร้างเครื่องมือดูดาวของเขาได้ในราคาถูก มีวัตถุที่ใช้ในการสร้างพร้อมมูล ผู้สนใจสามารถซื้อได้ในราคาพอสมควร ตำรับตำรามีขายอยู่แพร่หลาย

ข้าพเจ้าคิดว่า สัก วันหนึ่ง วิชานี้ คง จะเป็นที่สนใจของคนไทย และ เรา อาจ พบชื่อ คนไทย เป็นชื่อดาวหางสักดวงบ้างก็คงจะเป็นเกียรติแก่ชาติของเราบ้างไม่มากก็น้อย

อนึ่งบางสิ่งบางอย่าง อาจผิดพลาด จากทฤษฎีไปบ้างต้องขออภัยทั้งนี้เพราะเขียนขึ้นจากที่ได้กระทำมาแล้วเป็นหลักใหญ่

เยาวชนจากต่างจังหวัด กำลังชมกล้องดาราทัศน์สร้างโดยผู้เขียน ณ ท้องฟ้าจำลองกรุงเทพฯ
นายสารนิต อังศุสิงห์ (ใส่แว่นตา) กำลังชี้แจงการใช้กล้อง

การทดลองทำกล้องดาราทัศน์จากของที่มีในบ้านเรา

กล้องดาราทัศน์ที่ใช้เป็นเครื่องมือศึกษาท้องฟ้านั้นนิยมใช้กันอยู่ 2 แบบ คือ

1. แบบใช้เลนซ์ หรือที่นิยมเรียกว่าเหหัก (refractor) ชนิดใช้เลนซ์เป็นตัวรวมแสงและมีเลนซ์ขยายภาพที่ เกิด จาก เลนซ์หน้ากล้องอีกทีหนึ่ง กล้องแบบนี้เหมาะสำหรับใช้ในการศึกษาท้องฟ้ามีสิ่งประกอบน้อยชิ้น ไม่มีสิ่งกีดขวางหรือบังแสงจากท้องฟ้า สามารถรับแสงที่เข้ามาในกล้องได้หมด มีความงดงาม (ไม่ต้องคอยฉาบผิวเหมือนแบบสะท้อน-แสง) ไม่ต้องคอยระมัดระวัง เรื่องผง หรือฝุ่น แต่เลนซ์ที่เป็นอุปกรณ์สำคัญสำหรับกล้องแบบนี้ สร้างยากมาก การสร้าง ให้ มี ขนาดใหญ่ มีความยุ่งยากมาก เพราะแก้วที่ใช้ทำเลนซ์จะต้องหนาขึ้น น้ำหนักของตัวเลนซ์อาจจะทำให้เลนซ์มีการบิดตัว หรือร้าวตรงบริเวณขอบได้ เพราะบริเวณขอบเนื้อแก้วบางมาก ขณะนี้กล้องแบบนี้ที่ใหญ่ที่สุดมีขนาด 40 นิ้วเท่านั้น จำเป็นต้องมีอุปกรณ์ตรวจสอบราคาแพง จึงคิดว่าเรื่องจะทำเองสำหรับผู้สมัครเล่นจะเป็นของยากสิ้นเปลืองเงินมาก

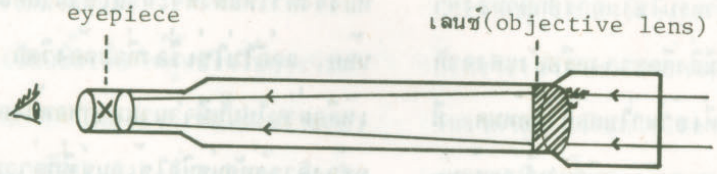
2. แบบใช้กระจก หรือที่เรียกว่าแบบสะท้อนแสง (reflector) ใช้กระจกโค้งเป็นตัวรวมแสงและมีเลนซ์ขยายภาพที่เกิดอีกทีหนึ่ง กล้องแบบนี้มีกระจกหรือ prism ขวาง หรือ บัง แสงอยู่ ส่วนหนึ่งจึงทำให้แสงที่จะผ่านเข้ามาลดน้อยลงไปบ้างเล็กน้อย แต่ก็ไม่ใช่เรื่องที่จะต้องวิตก เพราะแสงที่เหลือผ่านไปนั้นมีจำนวนมากพอต้องการ เนื่องจากกล้องดาราทัศน์ชนิดใช้เลนซ์ที่กล่าวมาตอนต้น มีราคาแพง โดยเฉพาะยิ่งมีขนาดใหญ่ขึ้นก็ยิ่งแพงมากขึ้น ดังนี้กล้องดาราทัศน์ขนาดใหญ่ ๆ เช่นขนาด 200 นิ้วของสหรัฐอเมริกาและขนาด 236 นิ้วของ รัสเซียที่กำลังสร้างอยู่ขณะนี้ ล้วนเป็นแบบสะท้อนแสงทั้งสิ้น กล้องดาราทัศน์แบบนี้มีกระจกกล้อง จะต้อง ได้รับการระมัดระวังเป็นพิเศษ เพราะทุกครั้งที่ใช้กล้องส่องดูท้องฟ้ามักจะมีฝุ่นและผงปลิวเกาะกระจก นาน ๆ จะต้องถอดกระจกทำความสะอาด อีกประการหนึ่งกระจกที่ฉาบและใช้ไปนาน ๆ จะหมองต้องเอามาฉาบผิว

กันใหม่ ถึงอย่างไรก็ตามกล้องดาราทัศน์แบบนี้เป็นที่นิยมเล่นกันในหมู่นักดูดาวสมัครเล่น ถึงแม้นักดารา-ศาสตร์ ที่แท้จริงก็ยังนิยมใช้กัน เพราะสามารถทำได้ด้วยตนเองและราคาถูก

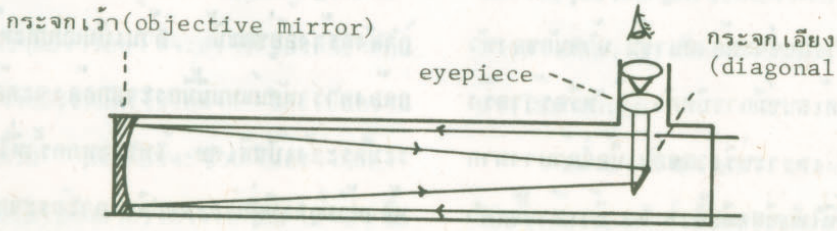
ลักษณะของกล้องดาราทัศน์แบบสะท้อนแสง

กล้องแบบนี้ประกอบด้วยสิ่งประกอบที่สำคัญอยู่ 3 อย่าง คือ กระจกเว้า (objective mirror) กระจกเอียงสำหรับ สะท้อนแสง (diagonal mirror) และ eyepiece(ดูรูป) สำหรับตัวกล้องนั้นอาจจะทำโดยโลหะอะไรก็ได้ บางคนเพื่อประหยัดทำด้วยไม้เป็นกระบอกสี่เหลี่ยมซึ่งก็ใช้ได้ ภายในควรทาด้วยสีดำชนิดด้านเพื่อกันแสงสะท้อน ข้อควรระวังก็คือต้องแข็งแรงพอสมควรไม่มีการบิดตัว อันจะทำให้ภาพที่ได้ไม่ดีหรือไม่นิ่ง

<u>กล้องชนิดไหนควรจะเลือก</u> กล้องดาราทัศน์ที่ได้พูดมาแล้วก็มีอยู่ 2 แบบคือ แบบใช้เลนซ์และแบบใช้กระจก ได้พูดถึงลักษณะ เปรียบเทียบของกล้องทั้ง 2 แบบ ถ้าท่านต้องการความสะดวกในการเอากล้องไปใช้ดูท้องฟ้าในที่อื่นและไม่ต้องการจะดูดาวให้ละเอียดแบบนักดาราศาสตร์แล้วละก้อ ขอแนะนำให้ใช้กล้องแบบเลนซ์ สำหรับการดูดาวต้องการกำลังขยายไม่ต้องมากนัก ใช้ เลนซ์ที่มี เส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้วครึ่ง ก็สามารถศึกษาท้องฟ้าได้ ด้วยเลนซ์ขนาดนี้สามารถมองเห็นวงแหวนของดาวเสาร์และดวงจันทร์ของดาวพฤหัสบดีได้ ทั้งนี้หมายความว่าต้องซื้อมาจากต่างประเทศราคาก็ไม่สู้จะแพงนัก ถ้าท่านต้องการเป็นนักดูดาวที่ก้าวหน้ากว่านั้น และ ยังยึดมั่นที่จะใช้กล้องแบบเลนซ์ ท่านควรจะใช้เลนซ์ที่มีเส้นผ่าศูนย์-กลางขนาด 5 นิ้ว ราคาก็คงจะตกในราว 2 หมื่นบาท ทั้งนี้ออกจะแพงไปสำหรับนักดูดาวสมัครเล่น เพราะฉะนั้นถ้าท่านใช้กล้อง แบบ กระจก และ สั่งจาก ต่าง-ประเทศราคาจะถูกกว่าครึ่ง ถ้าทำเองด้วยแล้วราคาไม่ถึงหนึ่งในหก นอกจากจะประหยัดแล้วยังได้รับ

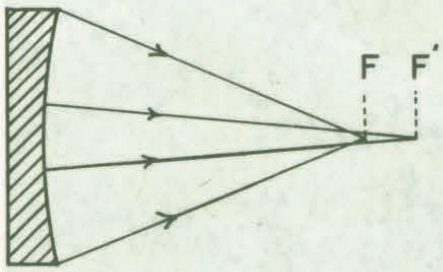


กล้องแบบ เหตุ (refracting telescope)



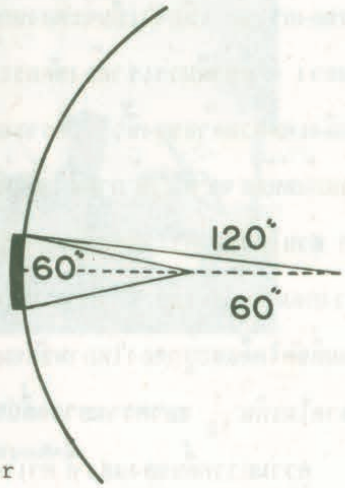
กล้องแบบสะท้อนแสง (reflecting telescope)

ความรู้ความภาคภูมิใจซึ่งจะหาไม่ได้ในชีวิตนี้ เมื่อท่านตัดสินใจจะใช้กล้องแบบกระจกแล้วก็มาถึงปัญหาที่ว่าจะเลือกกล้องขนาดไหน กล้องดาราทัศน์ยิ่งใหญ่ก็ยิ่งช่วยให้ท่านดูท้องฟ้าได้ละเอียดมาก แต่ราคาและการสร้างย่อมเป็นปัญหาสำหรับนักดูดาวสมัครเล่น



Spherical Aberration

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 6 นิ้ว จึงเป็นขนาดเหมาะที่สุดไม่เล็กจนเกินไป และ ไม่ใหญ่จนไม่สะดวกในการเคลื่อนย้าย สามารถเห็นสิ่งที่ต้องการศึกษาได้เพียงพอ



$$\frac{\text{radius of circle}}{2} = \text{focal length of mirror}$$

$$\frac{120}{2} = 60$$

ทฤษฎีของแสงที่สัมพันธ์กับการสร้างกล้อง

แสงที่มาจากดวงดาวถือกันว่าเป็นแสงที่ขนานกัน เมื่อมาถูกกระจกเว้าก็จะสะท้อนมารวมกัน ถ้ากระจกของเราโค้งเป็นทรงกลม แสงที่รวมกัน(focus) จะปรากฏไม่เท่ากัน โดยมากแสงสะท้อนจากตรงกลางของกระจก มักจะยาวกว่าที่สะท้อนจากตรงบริเวณขอบ ซึ่งปรากฏการณ์อันนี้เรียกว่าspherical aberration ถ้ากระจกเว้าของเรายิ่งมีความยาวโฟกัสสั้น ปรากฏการณ์อันนี้จะยิ่งมากขึ้นทำให้เกิดภาพซ้อนไม่ชัด เพื่อที่จะแก้ความผิดพลาดอันนี้ต้องทำกระจกให้โค้งเป็นรูป parabola แต่การทำกระจกเป็นรูป parabola นั้นมักจะเกิดความยุ่งยากต่อผู้ที่หัดทำใหม่เพราะจะต้องตรวจสอบกระจกเป็นพิเศษและยากสำหรับผู้ยังไม่เคย แต่ถ้าเราทำกระจกให้มีความยาวโฟกัสยาวขึ้นเป็นพิเศษ ปรากฏการณ์อันนี้จะลดลงจนอาจตัดทิ้งเสียได้ กระจกโค้งแบบทรงกลมนี้จะต้องมี focal ratio อย่างน้อย 10 จึงจะใช้ได้ผล ซึ่งในที่นี้จะพูดถึงกระจกแบบนี้ตลอดไป

$$\text{focal ratio} = \frac{\text{focal length}}{\text{diameter of mirror}}$$

$$f = \frac{60''}{6''} = 10/1$$

focal length of mirror

$$= \frac{\text{radius of circle}}{2}$$

$$= \frac{120}{2}$$

$$= 60''$$

เพราะฉะนั้นส่วนโค้งของกระจกที่จะต้องขัดให้ได้รูปก็คือเส้นรอบวง ของวงกลมที่มีรัศมี 120 นิ้วนั่นเอง

กระจกที่จะใช้ขัดเป็นกระจกกล้องนั้นควรจะมีความหนาไม่น้อยกว่า $\frac{1}{6}$ ของเส้นผ่าศูนย์กลาง ถ้ากระจกมีขนาด 6 นิ้ว ความหนาก็ไม่ควรจะน้อยกว่า 1 นิ้ว การที่ต้องใช้กระจกหนาทั้งนี้เพื่อป้องกันการบิดตัวของกระจก เมื่อจำเป็นจะต้องยกกล้องดูท้องฟ้าในมุมต่าง ๆ อย่าลืมว่าเราต้องขัดกระจกให้มีความเที่ยงถึงเศษส่วนล้านของนิ้ว เพราะฉะนั้นถ้ามีการบิดตัวแม้แต่น้อย จะ ทำ ให้ ภาพที่ ได้ไม่ชัดเจนหรือเป็นรูปรีๆ ส่วนโค้งของกระจกจะผิดพลาดไปจากส่วนโค้งของ วงกลม ได้ ไม่ เกิน $\frac{1}{4}$ ความ ยาว คลื่น ของแสง กระจกที่ขัดได้ดีและถูกต้องให้ภาพชัดคม จะ มีส่วนโค้งผิดพลาดไม่เกิน $\frac{1}{12}$ ของความยาวคลื่นของแสง

ความยาวคลื่นของแสงที่ ตาเรามองเห็นมีค่า 0.000022 นิ้ว หรือ 0.00005 ซม.

ถ้าจะไม่ให้ผิดพลาดเกิน $\frac{1}{4}$ ของ ความ ยาวคลื่นแสงก็จะต้องผิดพลาดไม่เกิน 0.0000055 นิ้ว

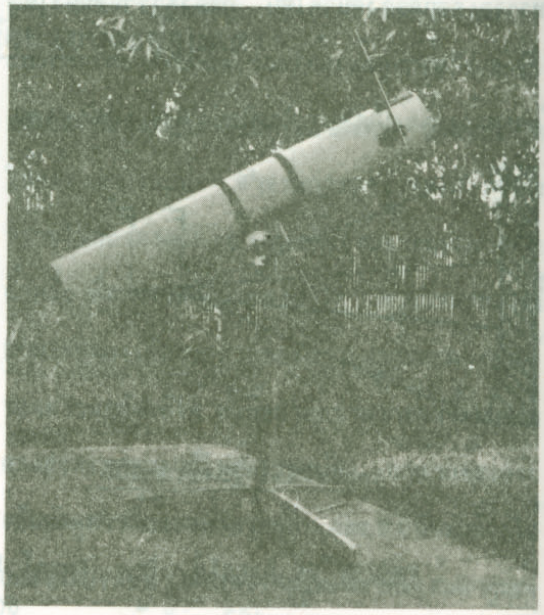
กำลังขยายของกล้อง

$$= \frac{\text{ความยาวโฟกัสของ objective}}{\text{ความยาวโฟกัสของ eyepiece}}$$

$$= \frac{60''}{1''}$$

$$= 60 \text{ เท่า}$$

ฉะนั้นถ้าเราใช้ eyepiece ที่ มี ความยาวโฟกัสครึ่งนิ้วเราก็จะได้กำลังขยาย 120 เท่า ถ้ายิ่งใช้ eyepiece ที่มีกำลังขยายมากขึ้น เช่นมีความยาวโฟกัส $\frac{1}{4}$ ของนิ้ว กล้องจะมีกำลังขยาย 240 เท่า ถ้าเราใช้ barlow เลนซ์ซึ่งเห็นเลนซ์เว้าติดไว้หน้า eyepiece ในระยะที่เหมาะสม เราจะได้กำลังขยายมากขึ้นอีก อาจถึง 600-800 เท่า ดังนั้นถ้าเราขัดกระจก ให้ มี ความยาวโฟกัส ยิ่งยาวขึ้น กำลังขยายจะเพิ่มขึ้น แต่ภาพที่ท่านเห็นจะจางลงเนื่องจากปริมาณของแสงที่ถูกขยายจาก eyepiece จะลดน้อยลงจนบางทีภาพที่เห็นจางเห็นไม่ชัด



กล้องดาราทัศน์ขนาด 6 นิ้ว ซึ่งสร้างโดยของในประเทศไทยแทบทั้งสิ้น ซึ่งดำเนินการสร้างโดยผู้เขียน

กล้องที่มีขนาดใหญ่เช่นขนาด 100 นิ้ว หรือ 200 นิ้วนั้นอาจมีกำลังขยายไม่มากไปกว่ากล้องขนาด 6 นิ้ว ซึ่งติด barlow เลนซ์เข้าไปที่eyepiece แต่สิ่งที่นักดูดาวต้องการก็คือ ความสว่างและความชัดของดาว กล้องขนาดใหญ่ย่อมสามารถรวมแสงได้มากกว่ากล้องขนาดเล็กจึงสามารถดูภาพดาวที่อยู่ไกลแสนไกลและมีแสงน้อย ๆ โดยที่กล้องขนาดเล็กไม่สามารถทำได้ สมมุติว่าเราเอากล้องขนาดเล็กที่มีกำลังขยาย 500 เท่าส่องดูดวงจันทร์ เราสามารถจะมองเห็นเนินหรือปล่องภูเขาไฟบนดวงจันทร์ มี ขนาด เท่า กับขนาดที่เห็นจากกล้อง 200 นิ้วที่ใช้ eyepiece ให้กำลังขยาย 500 เท่าเหมือนกัน แต่ภาพที่ ได้ จากกล้องขนาดเล็กนั้นจะจางและมัวมองไม่ชัด ส่วนภาพดวงจันทร์ที่ได้จากกล้อง 200 นิ้วนั้น จะ แรง กล้า จนท่านตาพร่าเหมือนมอง แสงอาทิตย์ ซึ่ง จำ เป็นต้องใช้

อุปกรณ์ในการทำกระจกกล้องฯ แสดง ณ ท้องฟ้าจำลองกรุงเทพฯ
ซึ่งผู้เขียนได้เอาอุปกรณ์การสร้างและการตรวจสอบแสดง

filter ช่วยลดแสงลง ภาพที่เห็นจะชัดเจนสามารถมองเห็นส่วนละเอียดต่าง ๆ เช่นซอกเล็กซอกน้อยได้ เพราะฉะนั้น กล้อง ขนาด ใหญ่ จึง ให้ ภาพชัดเจน กว่ากล้องขนาดเล็ก

สิ่งของที่ต้องใช้ในการทำกระจกของกล้องดาราทัศน์

สิ่งเหล่านี้จำเป็นจะต้องใช้ประกอบการทำ

1. กระจกกล้องขนาด 6 นิ้ว (Mirror blank)
2. กระจกขัดขนาด 1 นิ้ว (plate glass grinding tool)
3. ผงขัด (abrasiver ดูรายการผงขัด)
4. ผงขัดเงา (polisher)
5. แผ่นวัดความโค้ง (Curve template)
6. pitch สำหรับขัดเงา
7. เลนซ์ขยายขนาด 10 × เพื่อตรวจผิว - กระจก
8. หินลับมีด สำหรับแต่งขอบกระจก
9. อื่น ๆ

กระจกกล้อง (Mirror blank)

กระจกกล้องเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญที่เราต้องการทำ ควรจะเป็นแก้วที่มีความแข็งและการขยายตัวน้อย กระจกที่นิยมใช้กันก็คือ กระจกจำพวก pyrex เนื่องจากมีการขยายตัวน้อยกว่า กระจกชนิดธรรมดา (soda - lime glass) แต่กระจกหรือแก้วจำพวกนี้ที่ทำเป็นแผ่นกลม เหมาะสำหรับทำกระจกกล้องนั้น ไม่สามารถจะทำหรือหาได้ในประเทศเรา กระจกกล้องที่ใช้ทำกล้องดาราทัศน์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้ว จำเป็นต้องมีความหนาประมาณ 1 นิ้ว ทั้งนี้ตามทฤษฎีของการทำกล้องดาราทัศน์โดยทั่ว ๆ ไป อัตราส่วนของเส้นผ่าศูนย์กลาง และ ความหนา ของ กระจก จะเป็น 6 : 1 การที่ต้องให้กระจกมีความหนาในอัตราส่วนเช่นนี้ก็เพื่อกันการบิดตัว ของ แผ่นกระจก ซึ่ง จะทำให้ส่วนโค้งผิดไป และ ภาพที่ ได้ เห็นก็จะผิดพลาดไปด้วย เนื่องจากไม่สามารถหาแก้วชนิด pyrex ได้ บังเอิญ

ทางองค์การแก้ว กระทรวงกลาโหมได้มีกระจกขนาด 6 นิ้ว หนา 1 นิ้วไว้จำนวนหนึ่ง จึงเหมาะที่จะใช้ทำกระจกแบบนิ้วมีการขยายตัวมากกว่า pyrex แต่ในประเทศเรา อุณหภูมิไม่ค่อยแตกต่างกันมากเหมือนเช่นต่างประเทศ ดังนั้นจึงพอใช้ทำกระจกกล้องได้ ข้อเสียก็คือ มัก มี ฟอง อากาศอยู่มากให้พยายามเลือกเอาด้านที่มีฟองอากาศน้อย และ ให้ พิจารณา ดูด้วยว่าฟองอากาศนั้นควรจะอยู่ ลึก จากผิวกระจกด้านที่จะขัดพอสมควรอย่างน้อย $\frac{1}{8}$ ของนิ้ว

<u>กระจกขัด (tool)</u> กระจกขัดก็คือกระจกที่มีขนาดเดียวกับกระจกกล้องนั่นเอง แต่ไม่จำเป็นจะต้องหนาเหมือนกระจกกล้องหนาเพียง 3 ใน 4 ของนิ้วก็ใช้ได้ ถ้า ไม่ มีจะเอากระจกขนาดกระจกเป็นกระจกขัดก็ยิ่งดี บาง แห่ง แทน ที่จะใช้กระจกเป็นตัวขัด นิยมใช้พวก porcerlain แผ่นซึ่งมีขนาดและความหนาดังได้กล่าวมาแล้ว สามารถขัดได้เร็วกว่าใช้กระจกเสียอีก ข้อดีอีกอย่างหนึ่งเนื้อของ porcerlain มีความเหนียวไม่บิ่นง่ายเหมือนกระจก นอกจากจะใช้porcerlainชนิดแผ่นแทนกระจกขัดแล้ว อาจใช้ แผ่น กระเบื้อง โมเสคชนิดปูพื้นห้องน้ำเป็นตัวขัด ซึ่ง สามารถ ขัด ได้ส่วนโค้งเร็วกว่าชนิดแผ่นเรียบ โดย เอา แผ่น โมเสค ชนิดเป็นแผ่นหกเหลี่ยม ถ้าหาไม่ได้จะใช้ชนิดเหลี่ยมธรรมดาก็ได้ หาตัวเชื่อมจำพวก epoxy มา ทา บน แผ่น กระ จก (กระจกหน้าต่างเอาชนิดหนา ๆ ตัด เป็น รูป วง กลม ขนาด 6 นิ้ว) ให้หนาประมาณเกือบครึ่งหนึ่งแล้วเอาแผ่นโมเสคปะลงไป อัด ให้ หน้า เรียบ ให้มีช่องว่างระหว่างแผ่นประมาณ $\frac{1}{8}$ นิ้ว หาแผ่นกระจกเรียบ ๆ วางทับอยู่ข้างบน ทิ้ง ไว้ จนกระทั่งตัวเชื่อมแข็งตัวเสร็จแล้วตัดขอบ ของ โมเสคให้เป็นรูปวงกลม ใช้ตะไบค่อย ๆ แต่งขอบให้เรียบและทำมุมตัด 45 องศาเป็นอันใช้ได้ ข้อเสียของการใช้แผ่น porcerlain หรือโมเสคก็คือ ถ้ามีรู หรือ หลุม จะทำให้ ผงขัดลงไปเกาะอยู่ได้ เวลาล้างต้องล้างให้สะอาดและแคะเอาผงขัดออกเมื่อต้องการเปลี่ยนขนาดของผงขัด มิฉะนั้นจะทำให้กระจกเป็นรอย

การขัดกระจกเบื้องต้น ควรยืนชิดถัง เพื่อให้ได้ส่วนโค้งรวดเร็ว
ผู้ปฏิบัติการ นายสารนิต อังศุสิงห์

<u>การกำหนด focal ratio</u> สำหรับกระจกขนาด 6 นิ้ว ได้เขียนมาแต่ในตอนต้นแล้วว่าถ้าเราจะขัดให้ส่วนโค้งเป็น ส่วน โค้ง ของ ทรง กลม (sphere) จะต้องมี focal ratio ไม่ต่ำกว่า 10 จึงจะทำให้ได้ภาพที่ชัดเจนไม่มี spherical aberration ดังนั้น ถ้า เราใช้กระจกกล้องขนาด 6 นิ้ว กระจกจะต้องมีความยาว โฟกัส อย่าง น้อย 60 นิ้ว เพราะฉะนั้นกระจกแบบทรงกลม (spherical mirror) นี้ ยิ่ง มีอัตราส่วนสูงขึ้นไปกว่า 10 แล้ว ความชัดเจนของภาพที่ได้รับก็ยิ่งดีขึ้นตามลำดับ แต่มี

ข้อเสียที่ว่ายิ่งความยาวของโฟกัสเพิ่มมากขึ้นเท่าไร ความยาวของกล้องก็ต้องเพิ่มขึ้นเป็นเงาตามตัวไปด้วย ทำให้เกะกะและลำบากในการเคลื่อนย้าย รวมทั้งสิ้นเปลืองค่าสร้างตัวกล้องมากขึ้น

บางแห่งนิยมสร้างกล้องใหม่ focal ratio เป็น 11 เพื่อให้ภาพชัดขึ้นและหนีความยาวอันเกะกะเสีย การสร้างกระจกกล้องให้มีส่วนโค้งเป็นรูปทรงกลมนี้เหมาะสำหรับผู้ที่ริเริ่มจะขัดกระจกทำกล้องดาราทัศน์ด้วยตนเอง เพราะสามารถทำได้ง่าย การตรวจสอบก็ง่าย

การกำหนดความยาวโฟกัสของกระจกกล้องจึงเป็นสิ่งที่จะต้องกำหนดไว้ให้แน่นอนก่อนลงมือปฏิบัติการ ทั้งนี้ย่อมอยู่ในดุลยพินิจและการตัดสินใจของผู้ที่จะทำ

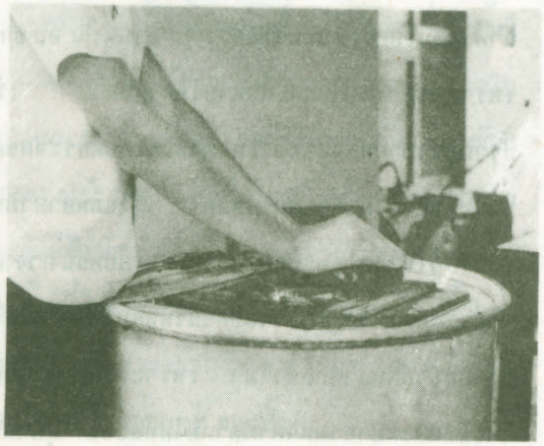
<u>ผงขัดที่จำเป็นต้องใช้</u> (abrasives)

เราไม่สามารถเอากระจกสองแผ่นถูกันจนมันสึกเป็นรูปโค้งได้ หรือถ้าจะทำเช่นนั้นจะกินเวลานานมาก ดังนั้นจึงต้องหาผงขัดมาช่วยขัด เพื่อให้ได้ผิวโค้งตามต้องการและเพื่อให้ผิวเรียบอีกด้วย ผงขัดนี้เป็นสารที่แข็งและคมจะกัดผิวกระจกให้กร่อนและสึกไป ผงขัดมักจะทำมามีขนาดต่าง ๆ กันเพื่อความสะดวกในการใช้ เช่นในตอนแรกเราต้องการให้กระจกมีส่วนโค้งเร็ว จำเป็นต้องใช้ชนิดหยาบซึ่งสามารถกัดกระจกได้เร็ว เพื่อความสะดวกในการใช้เขาจึงกำหนดความละเอียด - หยาบไว้เป็นเบอร์ต่าง ๆ กัน โดยกำหนดเอามาตรฐานของตะแกรงที่ผงนี้จะผ่านได้ และเบอร์ของตะแกรงนี้นับช่องของรูตามความยาว 1 นิ้ว เช่นในระยะความยาว 1 นิ้ว มีช่องหรือรูตะแกรงอยู่ 60 ช่อง เราเรียกผงขัดที่ลอดรูตะแกรงขนาดนี้ว่าเบอร์ 60 เพราะฉะนั้นถ้าเบอร์ยิ่งสูงหรือมากขึ้นผงขัดนั้นก็ยิ่งละเอียดเข้า การขัดด้วยผงขัดนี้ใช้ขัดจากผงที่หยาบที่สุดไปหาผงละเอียด ควรจะขัดตามลำดับของเบอร์ที่แนะนำไม่ควรจะข้ามเป็นอันขาด เพราะจะทำให้เกิดผลเสียหายได้ภายหลัง เมื่อปรากฏว่าภายหลังที่ขัดด้วยผงขัดที่ละเอียดกระจกของท่านมีรูขนาดใหญ่อยู่เต็มไปหมด ถึงแม้พยายามขัดเท่าไรก็ไม่หาย เพราะผงขัดชนิดละเอียดนั้นการกัดผิวกระจกน้อยมาก กว่าจะขัดจนให้หลุมโต ๆ หายไปอาจกินเวลาหลายสิบชั่วโมง เพราะฉะนั้นจงเป็นคนใจเย็นและพยายามทำตามลำดับไปทีละขั้น ทุกๆครั้งที่จะเปลี่ยนเบอร์ของผงขัดใหม่ควรใช้เลนซ์ส่องดูเพื่อให้แน่ใจว่ากระจกที่ขัดนั้นมีขนาดความขรุขระของผิวเท่ากันหมดทั้งแผ่น โดยเฉพาะถ้ามีรอยขีดข่วนเป็นทางลึกต้องพยายามขัดต่อไปจนเห็นว่ารอยนั้นตื้นเท่ากับผิวอื่น ๆ ทั่วไปเสียก่อน แล้วจึงค่อยเปลี่ยนเป็นขัดด้วยเบอร์อื่นต่อไป

ผงขัดที่ใช้ในการขัดกระจก ซึ่งนิยมใช้กันในการขัดเรียงตามลำดับหยาบลงไปหาละเอียด

1. ผงขัดคาร์บอนเรดัม เบอร์ 60
2. ผงขัดคาร์บอนเรดัม เบอร์ 100
3. ผงขัดคาร์บอนเรดัม เบอร์ 150
4. ผงขัดคาร์บอนเรดัม เบอร์ 200
5. ผงขัดอาลูมิเนียมออคไซด์ เบอร์ 300
6. ผงขัดอาลูมิเนียมออคไซด์ เบอร์ 450
7. ผงขัดอาลูมิเนียมออคไซด์ เบอร์ 600
8. ผงขัด Emery

การเก็บผงขัดนี้ควรเก็บในขวดมีฝาปิด ฝาปิดถ้าเป็นปลาสติคได้ยิ่งดี เพราะถ้าเป็นโลหะเก็บไว้นาน ๆ อาจเกิดสนิม และผงสนิมอาจตกไปผสมผงขัดทำให้กระจกมีรอยขีดได้ถ้าบังเอิญไม่ได้สังเกตุให้ดีในขณะเทผงลงไป นอกจากนี้ควรเอาออกมาใช้ทีละขวด (ทีละเบอร์) มิฉะนั้นอาจจะเผลอเทเบอร์ผิดซึ่งจะทำ



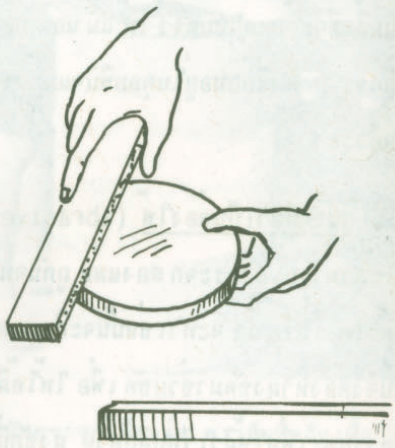
การวางมือบนแผ่นกระจกที่ถูกต้อง
แสดงการขัดเบื้องต้นเพื่อให้ได้ส่วนโค้ง
(Curve forming grinding)

ให้ท่านต้องร้องไห้ เพราะกระจกจะเสียหมด ทำให้ต้องกลับไปขัดเบอร์หยาบใหม่ (ถ้าเคราะห์ดีเผลอไปหยิบเบอร์ละเอียดก็จะไม่เกิดการเสียหายอะไร)

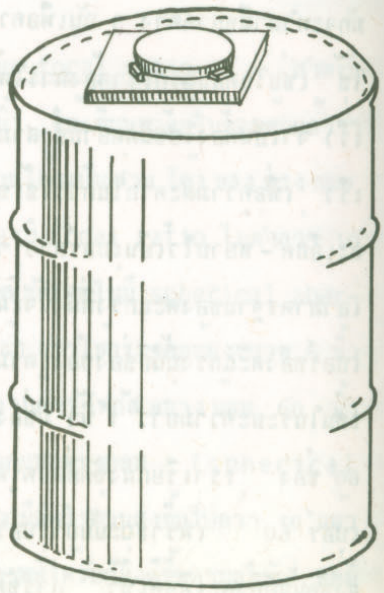
<u>การเตรียมกระจก</u> เอากระจกทั้งสองแผ่นมาตรวจดูว่า จะใช้ด้าน ไหนขัดกัน ถ้าปรากฏผิวไม่เรียบให้ใช้หินลับมีดถูให้เรียบ เสร็จแล้วฝนตัดขอบให้เป็นมุม 45 องศาเสียทั้งสองแผ่น สำหรับกระจกกล้องฝนตัดมุมเพียงเล็กน้อยก็พอ แต่กระจกขัดจะต้องฝนตัดมุมให้มากสักหน่อย เพราะจะตัดให้ผิวที่ใช้ขัดมีเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่ากระจกจะช่วยทำให้เกิดส่วนโค้งบนกระจกกล้องได้เร็วขึ้น ถ้าเล็กมากเกินไปจะทำให้เกิดขอบแบะเข้า (turn-in-edge) ถ้าไม่ฝนตัดขอบเวลาขัดไปจะทำให้ขอบคมบิ่นง่าย ขอบที่คมนี้มักจะขีดกระจกที่จะใช้เป็นรอย สำหรับกระจกกล้องต้องคอยฝนตัดมุมไว้เสมอมิฉะนั้นจะบิ่นได้ กระจกขัดเมื่อฝนตัดมุมแล้ว ควรจะมีเส้นผ่าศูนย์กลาง $5\frac{1}{16}$ ของนิ้ว แต่ข้าพเจ้าขอแนะนำควรจะให้มีขนาดเล็กกว่านี้ คือ $5\frac{1}{8}$ นิ้ว - $5\frac{3}{8}$ นิ้ว นอกจากนี้เอาหินลับมีดแต่งหน้าให้เรียบโดยขัดไปมาจนผ้าเสมอกันหมดทั้ง 2 แผ่น

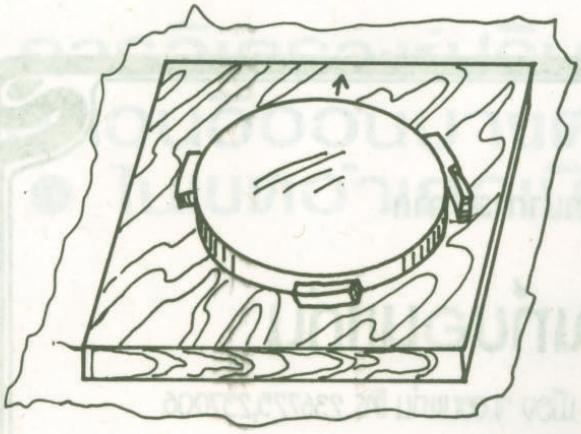
<u>ที่บังคับกระจก</u> จำเป็นต้องมีที่บังคับกระจกให้อยู่กับที่ มิให้เคลื่อนไปมาระหว่างขัด วิธีที่ง่าย ๆ ก็คือ หากระดาน มาสักแผ่น กว้างพอสมควร คือให้สามารถวางกระจกได้สะดวกและโตพอตีไม้ประทับ - ข้างได้ ใช้ถังกลม(ถังขนาด 200 ลิตร)สูงพอสมควร ขอบถังไม่ควรเกินบั้นเอว ถ้าไม่มีอาจใช้โต๊ะธรรมดาก็ได้ หาไม้ขนาดเล็กแต่ให้หนาประมาณ $\frac{1}{2}$ นิ้ว มาตีประกบ 3 มุม(ดูภาพ) ถ้าไม่แน่นให้ทำลิ่มตอกอัดให้แน่น

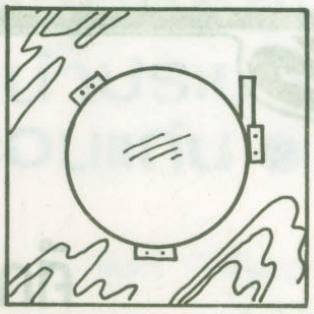
(อ่านต่อฉบับหน้า)



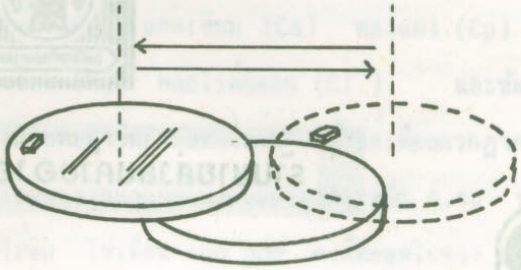
การฝนตัดขอบ และขอบที่ฝนตัดเป็น มุม 45 องศา



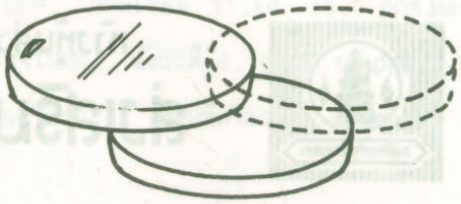




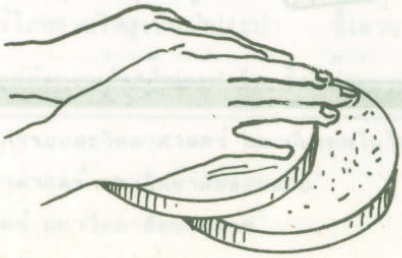
ใช้กระดาษหนังสือพิมพ์หลายชั้นรองใต้แผ่นกระดาน เอาน้ำลาดให้เปียก เพื่อให้ยึดแผ่นไม้กระดาน ไม่เลื่อนไปมา



Full - stroke



Half - stroke



วารสารวิทยาศาสตร์ มข. ปีที่ ๑๑ ฉบับที่ ๒ เม.ย. - มิ.ย. ๒๕๒๖

การวิเคราะห์ปริมาณแคตอิออนและแอนอิออนบางตัวในน้ำประปา ● ในเขตอำเภอเมืองขอนแก่น ●

สุนทรี ตันสุวรรณ*
สุธา ภูสิทธิศักดิ์**
อรวรรณ รัมพณีนิล***

บทคัดย่อ

การทดลองนี้ได้วิเคราะห์หาปริมาณเหล็ก (Fe) แคลเซียม (Ca) ทองแดง (Cu) โซเดียม (Na) แมงกานีส (Mn) สังกะสี (Zn) แมกนีเซียม (Mg) คลอไรด์อิออน (Cl^-) และซัลเฟตอิออน ($SO_4^=$) ในน้ำตัวอย่าง 20 ตัวอย่างในเขตและนอกเขตมหาวิทยาลัยขอนแก่น ตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงเดือนกันยายน พุทธศักราช 2524 พบว่า น้ำประปานอกเขตมหาวิทยาลัยขอนแก่นมีปริมาณ เหล็ก 0.50 - 1.20 ppm แคลเซียม 7.80 - 17.20 ppm, ทองแดง ตรวจไม่พบ โซเดียม 100 ppm คงที่ตลอดในช่วง 2 เดือนที่ทำการวัด แมงกานีส 0.03 - 0.13 ppm, สังกะสี 0.03 - 0.15 ppm, แมกนีเซียม 1.50 - 3.0 ppm, คลอไรด์อิออน 70.71 - 106.06 ppm, และซัลเฟต 205.70 - 740.80 ppm ในเขตมหาวิทยาลัยขอนแก่น สำหรับเหล็กค่าตั้งแต่ ตรวจไม่พบจนถึง 0.20 ppm, แคลเซียม 11.40 - 19.0 ppm,ทองแดง ตรวจไม่พบ, โซเดียม 2.70 - 6.50 ppm, แมงกานีส ตรวจไม่พบ, สังกะสี 0.10 - 0.17 ppm, แมกนีเซียม 1.90-3.1 ppm, คลอไรด์ 17.08 ppm คงที่ตลอดในช่วง 2 เดือนที่ทำการวัด และซัลเฟต 205.7 - 781.90 ppm

ในการเปรียบเทียบปริมาณแคตอิออนและแอนอิออนในน้ำตัวอย่างกับ เกณฑ์มาตรฐาน ของ องค์การอนามัยโลก พบว่า ปริมาณแคตอิออน ซึ่งมีอยู่ในน้ำตัวอย่างยังมีค่าอยู่ในเกณฑ์ปลอดภัย แต่ในการเปรียบเทียบในทางสถิติระหว่างน้ำตัวอย่างในและนอกเขตมหาวิทยาลัยขอนแก่น พบว่าปริมาณการกระจายของแคลเซียม แมกนีเซียม สังกะสี ทองแดง และซัลเฟต ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนเหล็ก แมงกานีส โซเดียม และคลอไรด์ พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ .05

บทนำ

น้ำที่มนุษย์ใช้ในการอุปโภคและบริโภคส่วนใหญ่เป็นน้ำประปา ซึ่งผ่าน ขบวนการฆ่าเชื้อโรคแล้ว แต่มีสารอนินทรีย์บางตัวซึ่งอยู่ในรูปของแคตอิออนยังคงอยู่ในน้ำประปาได้ ซึ่งได้แก่

*อาจารย์ภาควิชาเคมี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี
**ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
***นักศึกษาปีที่ 4 ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เหล็ก (Fe) : - โดยทั่วไปเป็นวัสดุหลักในการผลิตท่อประปา ในธรรมชาติเหล็กสามารถถูกออกซิไดซ์กลายเป็นสนิมและหลุดร่วงออกมาได้เอง ซึ่งจะทำให้น้ำเพิ่มความขุ่นและสีไปพร้อม ๆ กัน เหล็กที่มีอยู่ในน้ำจะมี 2 รูป คือ เฟอร์รัสอิออน และ เฟอร์ริคอิออน ปฏิกิริยาของเหล็กที่ละลายในน้ำเมื่อถูกออกซิไดซ์เกิดขึ้นดังนี้

$$2Fe^{+2} + 4HCO_3^- + H_2O + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow 2Fe(OH)_3 + 4CO_2$$

แมงกานีส (Mn) เป็นธาตุผงที่รวมอยู่กับธาตุเหล็ก กล่าวคือ ถ้าแหล่งใดมีธาตุเหล็กจะพบว่าแมงกานีสปนอยู่ด้วย แต่ปริมาณของเหล็กจะมีมากกว่า ปัญหาที่เกิดขึ้นจากแมงกานีสคือ เกิดสี รส และกลิ่น รวมทั้งการอุดตันในท่อประปา สีที่เกิดขึ้นเป็นสีดำ แมงกานีสส่วนมากพบในรูป MnO_2

แคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) เป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดน้ำกระด้าง โดยทั่วไปจะพบแมกนีเซียมน้อยกว่าแคลเซียม นอกจากนี้ยังพบว่าถ้ามีแคลเซียมอยู่ปริมาณมาก เมื่อใช้บริโภคมาก ๆ อาจจะทำให้เส้นเลือดแข็งตัว หรือเกิดโรคตับและไตได้

โซเดียม (Na) ส่วนมากจะเกิดเป็นสารประกอบ NaOCl ซึ่งมีปัญหาเกี่ยวกับรสของน้ำ พบว่าถ้ามีโซเดียมเป็นจำนวนมาก และบริโภคเป็นประจำอาจมีโทษต่อหัวใจ, ไต และลำไส้ได้ (1)

สังกะสี (Zn) จากมาตรฐานน้ำดื่มขององค์การอนามัยโลก (2) พบว่าปริมาณสังกะสีที่กำหนดให้มีได้ 5 ppm - 15 ppm ถ้าเกินปริมาณนี้จะทำให้เกิดการระคายเคืองต่อกระเพาะ และลำไส้เล็กได้ (1)

ทองแดง (Cu) ถ้ามีอยู่ในน้ำจะมีปัญหาเกี่ยวกับสี ถ้ามีอยู่ในร่างกายมากเกินไปจะเป็นอันตรายต่อกระเพาะ ไต และลำไส้ได้

คลอไรด์ (Cl^-) เป็นแอนอิออนที่พบทั่วไปในธรรมชาติ โดยปกติปริมาณคลอไรด์จะมีประมาณ 20 - 80 มิลลิกรัมต่อลิตร (1) สารประกอบคลอไรด์มักจะอยู่ในรูป NaOCl ถ้าปริมาณคลอไรด์สูงมาก ๆ จะทำให้ความสามารถในการละลายน้ำของออกซิเจนลดลง นอกจากนี้ทำให้น้ำมีรสกร่อยหรือเค็ม

ซัลเฟต ($SO_4^=$) ถ้ามีปริมาณมากเกินไป ปัญหาที่เกิดขึ้น คือ ทำให้เกิดการอุดตันทางเดินของน้ำ (2) เนื่องจากซัลเฟตสามารถทำปฏิกิริยากับโลหะบางชนิด แล้วเกิดเป็นสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำ เช่น $BaSO_4$ ทำให้ตกตะกอนอุดตันท่อน้ำ และล้างออกยาก นอกจากนี้ยังมีปัญหาทางด้านกลิ่นเนื่องจากเกิดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S)

เนื่องจากน้ำประปาเป็นน้ำที่ได้จากธรรมชาติอาจมีอิออนบางตัวมากเกินไป จะเป็นอันตรายต่อสุขภาพ หรือก่อให้เกิดปัญหาต่าง ๆ ในการนำไปบริโภคและใช้สอยต่าง ๆ เป็นต้นว่า ความกระด้างของน้ำทำให้เครื่องใช้สอยเป็นคราบ, ท่อส่งน้ำอุดตัน หรือถ้าหากบริโภคก็อาจเป็นอันตรายต่อชีวิตได้

ในการวิเคราะห์ครั้งนี้เป็นการวิเคราะห์หาปริมาณแคตอิออน และ แอนอิออนบางตัวในน้ำประปาในเขตและนอกเขตมหาวิทยาลัยขอนแก่น เพื่อเปรียบเทียบปริมาณอิออนในแต่ละจุดที่เก็บตัวอย่างมาและแต่ละตัวมีค่าเกินความปลอดภัยตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐานน้ำดื่ม (ตารางที่ 1) หรือไม่ เพื่อเป็นข้อมูลในการปรับปรุงการผลิตน้ำประปาเพื่อให้ได้มาตรฐานต่อไป

ตารางที่ 1 แสดงมาตรฐานน้ำดื่มของหน่วยงานต่าง ๆ (3)

หน่วยงาน / สารละลาย	มาตรฐานน้ำดื่มขององค์การอนามัยโลก (1963) ปริมาณสูงสุดที่ยอมให้มีได้ (ppm)	กรมทรัพยากรธรณี (1972) ปริมาณสูงสุดที่ยอมให้มีได้ (ppm)
Fe	1.0	1.0
Mn	0.5	0.5
Cu	1.5	1.5
Zn	15.0	15.0
Ca	200	200
$SO_4^{=}$	400	200
Cl^-	600	500

การทดลอง

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

1. Atomic Absorption Spectrophotometer ของบริษัท Perkin Elmer Model 380.
2. Spectromic 20 ของบริษัท Bausch and Lomb
3. Ferric nitrate, Magnesium nitrate, Calcium nitrate, Sodium nitrate, Cupric nitrate, Zinc nitrate, Silver nitrate และ Barium chloride ทุกตัวที่ใช้เป็น A.R grade.

วิธีการทดลอง

1. การเก็บน้ำตัวอย่าง (4)

การเก็บน้ำตัวอย่างนอกเขตมหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยเก็บที่บริเวณตลาดแผงลอยข้างโรงภาพยนตร์ร่วมจิตร และในเขตมหาวิทยาลัยขอนแก่นที่ร้านขายอาหารที่ 6 ภายในโรงอาหารมหาวิทยาลัยขอนแก่น เมื่อเก็บน้ำตัวอย่างแล้วเติมกรดไนตริกเข้มข้น 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร

2. การวิเคราะห์แคตอิออน

2.1 เตรียมสารละลายมาตรฐานแคตอิออนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงสารละลายมาตรฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์แคตอิออนแต่ละตัวที่ช่วงความเข้มข้นต่าง ๆ กัน

แคตอิออนที่วิเคราะห์	สารละลายมาตรฐานที่ใช้	ช่วงความเข้มข้น (ppm)
แคลเซียม	แคลเซียมไนเตรต	4.00-12.00
แมกนีเซียม	แมกนีเซียมไนเตรต	0.30-1.50
ทองแดง	คิวบริกไนเตรต	5.00-15.00
แมงกานีส	แมงกานีสไนเตรต	2.00-10.00
โซเดียม	โซเดียมไนเตรต	0.80-2.40
สังกะสี	ซิงค์ไนเตรต	0.50-1.50
เหล็ก	เฟอร์ริคไนเตรต	5.00-15.00

2.2 นำสารละลายมาตรฐานของแคตอิออนแต่ละตัวที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน วัดความสามารถในการดูดกลืนแสง โดยใช้เครื่องอะตอมมิคแอบซอบชั่นสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ ซึ่งใช้เปลวไฟที่เกิดจากอากาศและแกสอะเซททีลีน ส่วนกระแสของหลอดกำเนิดแสง (lamp current) ความยาวคลื่น (wavelength) และสลิท (slit) ที่ใช้ในการวิเคราะห์แคตอิออนแต่ละตัว แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 กระแสของหลอดกำเนิดแสง ความยาวคลื่น และสลิทที่ใช้ในการวิเคราะห์แคตอิออนต่าง ๆ

Condition	Ca	Mg	Cu	Mn	Na	Zn	Fe
Lamp current (mA)	3	5	3	5	5	5	5
Wavelength (nm)	422.7	285.5	324.8	279.5	589.0	213.9	248.3
Slit (nm)	0.7	0.7	0.7	0.2	0.7	0.7	0.2

2.3 นำน้ำตัวอย่างมาวิเคราะห์แคตอิออนแต่ละตัว โดยวัดความสามารถในการดูดกลืนแสงในข้อ 2.2 ตัวอย่างละ 3 ครั้ง

3. การวิเคราะห์แอนอิออน

3.1 คลอไรด์

ใช้วิธีของมอห์ร (Mohr's method) โดยไตเตรดน้ำตัวอย่างครั้งละ 10.00 ลูกบาศก์เซนติเมตร ด้วยสารละลายมาตรฐานวิลเวอร์ไนเตรด 0.0997 โมลาร์[3] โดยใช้โปตัสเซียมโครเมตเป็นอินดิเคเตอร์ที่จุดยุติ (end point) จะได้ตะกอนสีน้ำตาลของซิลเวอร์โครเมต

3.2 ซัลเฟต

ใช้วิธีการตกตะกอนในรูป $BaSO_4$ โดยปิเปตน้ำตัวอย่างครั้งละ 10.00 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำไปต้มจนเดือด เท 5% แบเรียมคลอไรด์ที่ร้อนลงในน้ำตัวอย่างพร้อมทั้งคนอย่างสม่ำเสมอ จนเกิดการตกตะกอนอย่างสมบูรณ์ ตั้งทิ้งไว้แล้วกรอง อบให้แห้ง ชั่งน้ำหนักที่คงที่ของตะกอน

ผลการทดลอง

1. การวิเคราะห์แคตอิออน

ในการวิเคราะห์แคตอิออนแต่ละตัวจากค่าความสามารถในการดูดกลืนแสง ที่อ่านได้นำไปเทียบกับกราฟมาตรฐานของแคตอิออนแต่ละตัวจะสามารถทราบความเข้มข้นของแคตอออนได้ ดังแสดงผลการทดลองในตารางที่ 4 และตารางที่ 5

2. การวิเคราะห์แอนอิออน

การวิเคราะห์ปริมาณคลอไรด์โดยใช้ Mohr's method และปริมาณซัลเฟตโดยใช้วิธีตกตะกอนในรูปของแบเรียมซัลเฟต ซึ่งผลการทดลองแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 4 แสดงความเข้มข้นของเหล็ก, แคลเซียม, ทองแดง, โซเดียม, แมงกานีส, สังกะสี, แมกนีเซียม นอกเขตมหาวิทยาลัยขอนแก่น

วัน เดือน ปี	ความเข้มข้น (ppm)						
	Fe	Ca	Cu	Na	Mn	Zn	Mg
15 กรกฎาคม 2524	1.00	11.40	ตรวจไม่พบ	100	0.07	0.14	2.00
22 กรกฎาคม 2524	1.00	10.40	ตรวจไม่พบ	100	0.07	0.08	1.90
29 กรกฎาคม 2524	1.10	10.40	ตรวจไม่พบ	100	0.08	0.05	3.00
5 สิงหาคม 2524	1.10	8.30	ตรวจไม่พบ	100	0.08	0.05	1.50
12 สิงหาคม 2524	1.10	7.80	ตรวจไม่พบ	100	0.10	0.03	1.50
19 สิงหาคม 2524	0.80	16.20	ตรวจไม่พบ	100	0.03	0.11	2.90
26 สิงหาคม 2524	0.60	16.00	ตรวจไม่พบ	100	0.13	0.08	2.90
3 กันยายน 2524	1.20	17.20	ตรวจไม่พบ	100	0.04	0.07	2.80
16 กันยายน 2524	0.50	14.70	ตรวจไม่พบ	100	0.03	0.04	3.00

ตารางที่ 5 แสดงความเข้มข้นของเหล็ก, แคลเซียม, ทองแดง, โซเดียม, แมงกานีส, สังกะสี แมกนีเซียม ในน้ำประปาในเขตมหาวิทยาลัยขอนแก่น

วัน เดือน ปี	ความเข้มข้น (ppm)						
	Fe	Ca	Cu	Na	Mn	Zn	Mg
15 กรกฎาคม 2524	ตรวจไม่พบ	12.20	ตรวจไม่พบ	4.50	ตรวจไม่พบ	0.17	2.00
22 กรกฎาคม 2524	ตรวจไม่พบ	12.40	ตรวจไม่พบ	4.50	ตรวจไม่พบ	0.02	2.60
29 กรกฎาคม 2524	0.20	19.00	ตรวจไม่พบ	6.50	ตรวจไม่พบ	0.05	3.10
5 สิงหาคม 2524	0.10	17.20	ตรวจไม่พบ	2.70	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ	3.00
12 สิงหาคม 2524	ตรวจไม่พบ	11.60	ตรวจไม่พบ	4.00	ตรวจไม่พบ	0.01	2.10
19 สิงหาคม 2524	ตรวจไม่พบ	11.40	ตรวจไม่พบ	4.50	ตรวจไม่พบ	0.01	2.70
26 สิงหาคม 2524	0.10	11.40	ตรวจไม่พบ	4.00	ตรวจไม่พบ	0.01	1.90
3 กันยายน 2524	0.10	12.70	ตรวจไม่พบ	3.50	ตรวจไม่พบ	0.03	2.50
9 กันยายน 2524	ตรวจไม่พบ	18.50	ตรวจไม่พบ	3.50	ตรวจไม่พบ	0.02	3.10
16 กันยายน 2524	ตรวจไม่พบ	14.20	ตรวจไม่พบ	4.50	ตรวจไม่พบ	0.04	2.30

ตารางที่ 6 ปริมาณคลอไรด์และซัลเฟตที่วิเคราะห์ได้ทั้งนอกเขตและในเขตมหาวิทยาลัยขอนแก่น

วัน เดือน ปี	นอกเขตมหาวิทยาลัย		ในเขตมหาวิทยาลัย	
	Cl^- (ppm)	$SO_4^=$ (ppm)	Cl^- (ppm)	$SO_4^=$ (ppm)
15 กรกฎาคม 2524	88.38	205.70	17.08	781.90
22 กรกฎาคม 2524	88.38	617.35	17.08	781.90
29 กรกฎาคม 2524	106.06	497.80	17.08	535.00
5 สิงหาคม 2524	70.71	205.70	17.08	452.70
12 สิงหาคม 2524	88.38	329.20	17.08	205.70
19 สิงหาคม 2524	70.70	741.80	17.08	493.80
3 กันยายน 2524	106.06	452.70	17.08	617.35
9 กันยายน 2524	88.38	658.50	17.08	205.70
16 กันยายน 2524	88.38	699.60	17.08	288.10

สรุปผลและวิจารณ์

จากการศึกษาหาปริมาณแคตอิออนบางตัวที่มีอยู่ในน้ำประปา พบว่า นอกเขตมหาวิทยาลัยขอนแก่น มีเหล็ก 0.50 - 1.20 ppm, แคลเซียม 7.80 - 17.20 ppm, ทองแดง ตรวจไม่พบ, โซเดียม 100 ppm คงที่ตลอด 2 เดือนที่ทำการวัด, แมงกานีส 0.03 - 0.13 ppm, สังกะสี 0.03 - 0.15 ppm, แมกนีเซียม 1.50 - 3.00 ppm, คลอไรด์อิออน 70.71 - 106.06 ppm, และซัลเฟต 205.70 - 740.80 ppm, ส่วนในเขตมหาวิทยาลัยขอนแก่น เหล็กมีค่าตั้งแต่ ตรวจไม่พบจนถึง 0.20 ppm, แคลเซียม 11.40 - 19.0 ppm ทองแดงตรวจไม่พบ, โซเดียม 2.70 - 6.50 ppm แมงกานีสตรวจไม่พบ, สังกะสี 0.10 - 0.17 ppm, แมกนีเซียม 1.90 - 3.1 ppm, คลอไรด์ 17.08 ppm คงที่ตลอดในช่วง 2 เดือนที่ทำการวัด และซัลเฟต 205.7 - 781.90 ppm

อย่างไรก็ตาม จาก F-test ที่ระดับนัยสำคัญ .05 พบว่า ปริมาณการกระจายของแคลเซียม แมกนีเซียม สังกะสี ทองแดง และซัลเฟต ในเขตและนอกเขตมหาวิทยาลัยขอนแก่น ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่ปริมาณการกระจายของเหล็ก แมงกานีส โซเดียม และคลอไรด์ ในเขตและนอกเขตมหาวิทยาลัยขอนแก่น มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับกรณีเหล็กและแมงกานีส ความแตกต่างของการกระจายอาจมีสาเหตุมาจากน้ำประปาในเขตและนอกเขตมหาวิทยาลัยขอนแก่นถูกเก็บไว้ในบ่อพักคนละแห่ง การผุกร่อนของเหล็ก และแมงกานีสที่ละลายออกมาจากท่อหรือแหล่งน้ำที่ใช้น้ำประปา แต่ในกรณีของคลอไรด์ของโซเดียม ความแตกต่างของการกระจายอาจเกิดจากขบวนการควบคุมการฆ่าเชื้อโรค โดยใช้คลอรีนในปริมาณที่ต่างกันหรือเวลาที่ต่างกัน

ถึงแม้ว่าอิออนที่วิเคราะห์บางตัวมีปริมาณการกระจายที่แตกต่างกันก็ตาม ระดับของอิออนดังกล่าวที่มีอยู่ในน้ำประปาก็ยังอยู่ในเกณฑ์ปลอดภัย เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานน้ำดื่ม (ตารางที่ 1) ดังนั้นน้ำประปานอกเขตและในเขตมหาวิทยาลัยขอนแก่น ยังสามารถนำไปใช้ในการอุปโภคและบริโภคได้โดยปราศจากอันตราย

เอกสารอ้างอิง

1. ทวีศักดิ์ ระมิงค์วงศ์, (2520) ธรณี 203 น้ำบาดาล, ภาควิชาธรณีวิทยา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
2. Clair N. Sawyer and Perry McCarty,(1967). Chemistry for Sanitary Engineers, New York: McGraw-Hill Book Company.
3. วจี รามณรงค์, (2520) "คุณภาพน้ำบาดาลและวิธีปรับปรุง" ข่าวสารการธรณี 22(5): 47 - 69
4. Hach Chemical Company,(1977). Drinking Water Analysis Handbook, Iowa: Hach Chemical Book Company.

วิทยาศาสตร์ก้าวไกล ประเทศไทยจะพัฒนา

สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ ร่วมกับสมาคมทางวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หลายสมาคมฯ คือ สมาคมวิทยาศาสตร์การเกษตรแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ สมาคมเคมี และมหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยการสนับสนุนของสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ จะจัดการประชุมวิชาการทางวิทยาศาสตร์ ครั้งที่ ๙ ประจำปี ๒๕๒๖ ขึ้นในวันพฤหัสที่ ๒๗ ศุกร์ที่ ๒๘ และเสาร์ที่ ๒๙ ตุลาคม ๒๕๒๖ ณ บริเวณคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น ในหัวข้อเรื่อง

"วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ"

... โปรดอย่าพลาด ...

พิมพ์ที่ : โรงพิมพ์ศิริภัณฑ์ออฟเซ็ท ขอนแก่น โทร.236141 นายอารีย์ หอวิจิตร ผู้พิมพ์โฆษณา
(ข้างทันตแพทย์อิน และนวกิจวิศวกรรม ถนนหลังเมือง)

โรงเรียน
ส่งเสริมคอมพิวเตอร์
SONG SERM COMPUTER SCHOOL

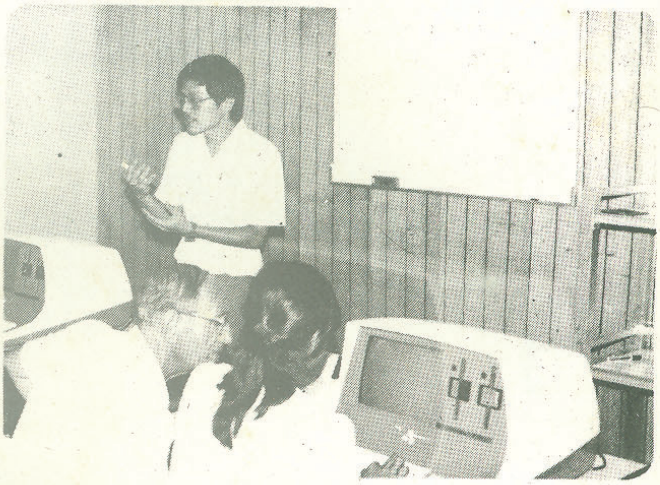
ในความควบคุมของกระทรวงศึกษาธิการ

641–645 ถนนศรีจันทร์ อ.เมือง จ.ขอนแก่น
โทร. (043) 238888

โรงเรียนส่งเสริมคอมพิวเตอร์ อำนวยการสอนโดย อาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านคอมพิวเตอร์ จากมหาวิทยาลัยขอนแก่น และเป็นสถาบันการสอนคอมพิวเตอร์ ที่มีอุปกรณ์การสอนที่ทันสมัย เพียงพอกับจำนวนนักเรียน

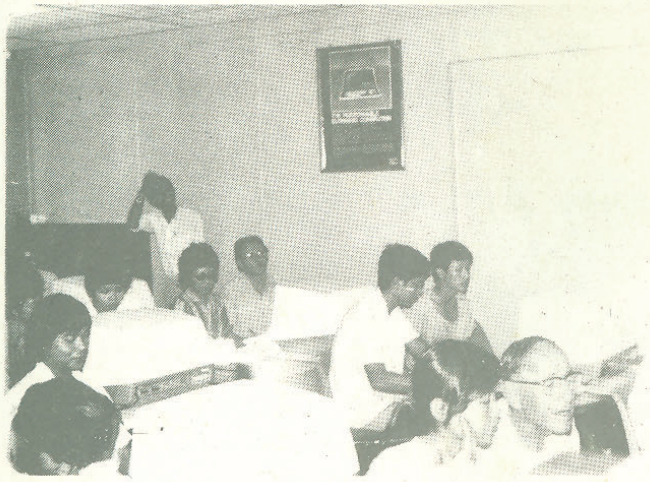
เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการสอน

SUPERBRAIN II *จากสหรัฐอเมริกา*



อนาคตของผู้สำเร็จการศึกษาด้านคอมพิวเตอร์

- เมื่อจบ COURSE I สามารถใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ได้ และสามารถเขียนโปรแกรม สั่งให้เครื่องทำงานได้อีกด้วย
- เข้าทำงานตามหน่วยงานต่าง ๆ ที่ใช้คอมพิวเตอร์ได้ทันที เช่น ธนาคาร, หน่วยงานราชการ, บริษัทที่มีระบบงานทางคอมพิวเตอร์
- ความต้องการของตลาด ผู้มีความรู้คอมพิวเตอร์ ปัจจุบันเพิ่มมากขึ้นจึงเป็นหลักประกันว่า เมื่อจบแล้วจะมีงานทำทันที



หลักสูตรที่เปิดสอน

COURSE I - INTRODUCTION TO MICRO-COMPUTER AND PROGRAMME FLOWCHART
- BASIC PROGRAMMING

● จบ COURSE I สามารถทำงานใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ได้ทันที ●

COURSE II - BASIC PROGRAMMING FOR SCIENCE
- BASIC PROGRAMMING FOR BUSINESS

● ศึกษาการเขียนโปรแกรมทางธุรกิจ และวิทยาศาสตร์ เพื่อเป็นนักเขียนโปรแกรม

COURSE III - CP/M OPERATING SYSTEM
- DISK OPERATING SYSTEM

● ศึกษาการใช้ CP/M และคำสั่งต่าง ๆ และศึกษาการสร้าง FILE โดยใช้ DISK

เมื่อเรียนจบ 3 COUSE นี้ จะสามารถเขียนโปรแกรมเพื่อใช้งานได้จริง ทั้งทางธุรกิจและวิทยาศาสตร์

ประกาศนียบัตร

เรียนจบจากโรงเรียนส่งเสริมคอมพิวเตอร์ จะได้รับใบประกาศนียบัตร กระทรวงศึกษาธิการรับรอง

เวลาเรียนปกติ

จันทร์–ศุกร์ 17.30–19.30 น.

เสาร์–อาทิตย์ 09.00–12.00 น., 13.00–16.00 น.

หลักสูตรระยะสั้น เปิดรับสมัครทุกเดือน

● อนาคตก้าวหน้า ถ้าเรียนคอมพิวเตอร์ ●