นิตยสาร
สสวท
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี www.ipst.ac.th
IPST MAGAZINE
ปีที่ 41 ฉบับที่ 182 พฤษภาคม - มิถุนายน 2556

อีกหนึ่งทางสอน...
เพื่อให้เด็กรักษ์สิ่งแวดล้อม

พลังงานทดแทน
เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

เรียนรู้สภาวะโลกร้อน
ด้วย STEM Education
แบบบูรณาการ

ISSN 0857-2801
0 09 77085 72803 0
ราคา 50 บาท

การแข่งขันวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

โครงการพัฒนาอัจฉริยภาพทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

รับสมัครนักเรียนระดับประถมศึกษาสอบแข่งขันวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์
เพื่อคัดเลือกเข้าโครงการพัฒนาอัจฉริยภาพทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ประจำปี พ.ศ. 2556
ระดับประถมศึกษาปีที่ 3 (นักเรียนที่ศึกษาอยู่ชั้น ป.1 – ป.3 มีสิทธิ์สมัคร)
ระดับประถมศึกษาปีที่ 6 (นักเรียนที่ศึกษาอยู่ชั้น ป.4 – ป.6 มีสิทธิ์สมัคร)

สมัครได้ทางอินเทอร์เน็ต genius.ipst.ac.th
ระหว่างวันที่ 1 – 30 สิงหาคม 2556

สอบถามรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่
สาขาโอลิมปิกวิชาการและพัฒนาอัจฉริยภาพทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)
924 ถนนสุขุมวิท แขวงพระโขนง เขตคลองเตย กรุงเทพฯ 10110
โทร.02-3924021 ต่อ 2202-2207 call center 02-3355222

THE INSTITUTE FOR THE PROMOTION OF
TEACHING SCIENCE AND TECHNOLOGY

เปิดเล่ม

สวัสดีครับท่านผู้อ่านนิตยสาร สสวท. ทุกท่าน ช่วงนี้เข้าสู่ฤดูฝนแล้ว เราอาจได้ชุ่มฉ่ำกับสายฝนโปรยปรายมาต้อนรับเราในช่วงเช้าตรู่ อาจทำให้เราหงุดหงิดไปบ้าง เพราะถือว่าเป็นช่วงเร่งด่วนของทุกวัน แต่ถึงแม้ว่าเราอยู่ในช่วงของฤดูฝนก็ตาม บางช่วงอากาศก็อาจจะมีร้อนอบอ้าวบ้าง ซึ่งสิ่งที่เกิดขึ้นก็เป็นผลมาจากโลกของเรามีการเปลี่ยนแปลง อันเนื่องมาจากการกระทำของมนุษย์โลกอย่างเรา ๆ ที่ทำต่อโลกใบนี้ ฉะนั้นปัจจุบันจึงได้มีการรณรงค์ให้หันกลับมารักษ์สิ่งแวดล้อมกันมากขึ้น ด้วยวิธีต่าง ๆ

นิตยสาร สสวท. ได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของเรื่องสิ่งแวดล้อม ดังนั้นในฉบับที่ 182 นี้เราจึงได้หยิบยกเรื่องของ “สิ่งแวดล้อมศึกษา” ขึ้นมาเพื่อให้ท่านผู้อ่าน ได้เกิดความตระหนักถึงความสำคัญของสิ่งแวดล้อม โดยที่ในฉบับนี้เราจะพูดถึงเรื่องการนำพลังงานทดแทนที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม มาผลิตเป็นกระแสไฟฟ้า ทดแทนการใช้ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติและน้ำมันดิบ ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานหลักที่นำมาใช้ผลิตไฟฟ้า ที่ใช้เวลาเกิดยาวนานและมีปริมาณลดลงเรื่อย ๆ และตัวอย่างแหล่งพลังงานที่เข้ามาทดแทน ได้แก่ น้ำ ลม แสงอาทิตย์ ชีวมวล ความร้อนใต้พิภพ ซึ่งการนำแหล่งพลังงานเหล่านี้มาใช้ประโยชน์จะไม่เกิดมลพิษต่อสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม นอกจากเรื่องพลังงานทดแทนแล้ว เรายังมีการพูดถึงข้อดีข้อเสียของการก่อสร้างเขื่อนเพื่อมากักเก็บน้ำ ไว้เพื่อบริโภค ซึ่งกลับมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และสิ่งมีชีวิตบริเวณนั้นด้วย

ท้ายนี้เราขอฝากนิตยสาร สสวท. ในรูปแบบ “นิตยสารอิเล็กทรอนิกส์” หรือ “ฉบับดิจิทัล” ไว้อีกสักครั้งเผื่อบางท่านอาจจะยังไม่ทราบ สามารถเปิดอ่านได้ที่ http://emagazine.ipst.ac.th และสามารถดาวน์โหลดแอปพลิเคชันได้ที่ “app store” หรือ “play store” ตามแต่อุปกรณ์ของท่านจะรองรับ

บรรณาธิการบริหาร

เจ้าของ
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
924 ถนนสุขุมวิท แขวงพระโขนง เขตคลองเตย กทม. 10110
โทร. 0-2392-4021 ต่อ 3307
0-2335-5222

วัตถุประสงค์

1. เผยแพร่และส่งเสริมความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีให้แก่ครูและผู้สนใจทั่วไป
2. เผยแพร่กิจกรรมและผลงานของ สสวท.
3. เสนอความก้าวหน้าของวิทยาการในด้านการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีที่จะสนับสนุนการศึกษาของชาติให้ทันกับเหตุการณ์ปัจจุบัน
4. แลกเปลี่ยนและรับฟังความคิดเห็นต่าง ๆ เกี่ยวกับความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีจากครูและผู้สนใจทั่วไป

สารบัญ

IPST MAGAZINE
ปีที่ 41 ฉบับที่ 182 พฤษภาคม - มิถุนายน 2556

รอบรู้วิทย์

เรื่องเด่นประจำฉบับ

รอบรู้คณิต

สื่อการเรียนกระตุ้นความคิด

นานาสาระ และข่าวสาร

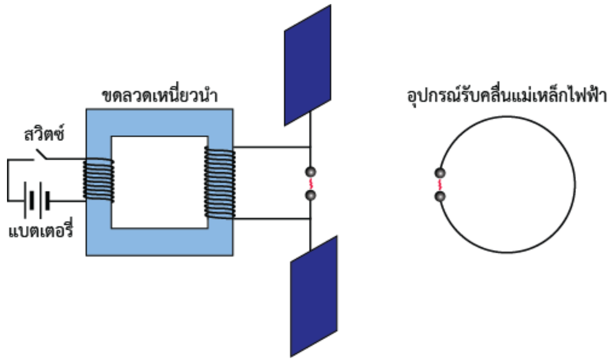
กวิน เชื่อมกลาง
นักวิชาการ สาขาฟิสิกส์ สสวท. / e-mail : kchau@ipst.ac.th

ระบบการทำงานของสมองกับการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ (ตอนที่ 1)

สวัสดีครับท่านผู้อ่านที่รักการเรียนรู้ทุกท่าน บทความที่ผมจะนำเสนอต่อจากนี้เป็นการรวบรวมและนำเสนอทฤษฎีการเรียนรู้ต่าง ๆ ในรูปแบบที่เข้าใจง่าย กระชับและชัดเจน เพื่อให้ท่านผู้อ่านสามารถนำความรู้เหล่านี้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ ไม่ว่าจะเป็นการดำเนินชีวิตประจำวัน การเรียนและการสอนในวิชาต่าง ๆ ดังนั้นกลุ่มเป้าหมายของผู้อ่านบทความนี้ จึงไม่จำกัดเพียงแค่กลุ่มเพื่อนครูที่ต้องการความรู้ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอน แต่ยังรวมถึงกลุ่มนักเรียน นิสิต นักศึกษา ที่ต้องการพัฒนาวิธีการเรียนรู้ของตนเองให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ในบทความนี้ ผมจะเริ่มจากการกล่าวถึงที่มาและความสำคัญของการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ จากนั้นผมจะนำเสนอโมเดลการทำงานของสมองแบบคู่หน่วยความจำ เพื่ออธิบายระบบการทำงานของสมองมนุษย์แบบคร่าว ๆ และในส่วนท้ายสุดของบทความ ผมจะอธิบายถึงลักษณะการทำงานของระบบสมองในส่วนหน่วยรับข้อมูลจากประสาทสัมผัส

วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ เป็นศาสตร์ที่เกิดขึ้นจากความอยากรู้อยากเข้าใจปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในธรรมชาติของมนุษย์ โดยมีจุดมุ่งหมายหลักคือ เพื่อให้มนุษย์สามารถดำเนินชีวิตและบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติได้อย่างมีประสิทธิภาพ การศึกษาวิทยาศาสตร์นำมาซึ่งการสร้างนวัตกรรมและเทคโนโลยีต่าง ๆ เพื่อให้การดำเนินชีวิตของมนุษย์มีความสะดวกสบายมากยิ่งขึ้น เช่น การพยายามรับส่งข้อมูลจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งที่ไกลออกไป ไม่ว่าจะเป็นการพัฒนาระบบรับส่งข้อความผ่านสัญญาณไฟฟ้าในรูปแบบโทรเลข โดย เซอร์ชาลส์ วีตสโตน (Sir Charles Wheatstone) และเซอร์วิลเลียม ฟอเทอร์กิลล์ คุก (Sir William Fothergill Cooke) การสร้างโทรศัพท์เพื่อรับส่งสัญญาณเสียง โดย อเล็กซ์ซานเดอร์ เกรแฮม เบลล์ (Alexander Graham Bell) การรับส่งสัญญาณไฟฟ้าในรูปแบบของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ค้นพบโดย ไฮน์ริช เฮิรตซ์ (Heinrich Rudolf Hertz) ซึ่งนำไปสู่การพัฒนาการรับส่งสัญญาณแบบไร้สาย เช่น วิทยุและโทรศัพท์เคลื่อนที่ การพยายามรับส่งข้อมูลผ่านระบบเน็ตเวิร์คจากคอมพิวเตอร์มหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนียที่ลอสแองเจลิส (University of California at Los Angeles: UCLA) สู่คอมพิวเตอร์อีก 3 เครื่อง ที่สถาบันวิจัยสแตนฟอร์ด (Stanford Research Institute: SRI) มหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนียแห่งซานตาบาร์บารา (University of California, Santa Barbara: UCSB) และมหาวิทยาลัยยูทาห์ (University of Utah) โดยคณะทำงานของอาจารย์ลีโอนาร์ด ไคลน์ร็อค (Leonard Kleinrock) จนพัฒนาเป็นระบบอินเทอร์เน็ตที่เราใช้อยู่ในปัจจุบัน



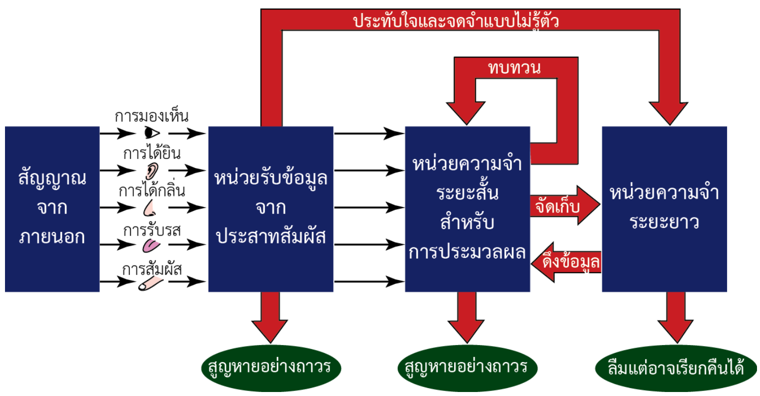
รูป 1 การส่งและรับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของเฮิรตซ์

การศึกษามีจุดมุ่งหมายหลักก็คือ การถ่ายทอดความรู้จากคนรุ่นหนึ่งไปสู่คนอีกรุ่นหนึ่ง และเป็นการเตรียมความพร้อมให้กับเยาวชนรุ่นถัดไป เพื่อให้พวกเขาเติบโตเป็นผู้ใหญ่ที่สามารถนำความรู้ที่มีอยู่ในยุคนั้น ๆ มาประยุกต์ใช้ในการดำเนินชีวิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเพื่อให้พวกเขาเติบโตขึ้นเป็นกำลังสำคัญในการสืบเสาะหาความรู้ใหม่ ๆ เพื่อการพัฒนาความเป็นอยู่ของมนุษย์ให้ดียิ่ง ๆ ขึ้นต่อไป ด้วยเหตุนี้การดำเนินชีวิตของมนุษย์เมื่อหนึ่งพันปีที่แล้ว จึงแตกต่างจากปัจจุบันเป็นอย่างมาก มีการสร้างบ้านเรือนที่แข็งแรงขึ้น ทำให้ชีวิตความเป็นอยู่มีความปลอดภัยมากขึ้น มีการสร้างรถและเครื่องบินเพื่อใช้เป็นพาหนะในการเคลื่อนที่ ทำให้การเดินทางไปยังสถานที่ต่าง ๆ มีความสะดวกรวดเร็วขึ้น ในขณะที่สิ่งมีชีวิตชนิดอื่น ๆ ยังคงมีพฤติกรรมการดำเนินชีวิตที่ไม่แตกต่างจากบรรพบุรุษมากนัก นกกระจิบและนกกระจอกยังคงใช้กิ่งไม้และเศษหญ้าทำรัง ไม่ว่าจะผ่านมากี่หมื่นกี่พันปีก็ตาม เสือยังคงไล่ล่าสัตว์อื่น เพื่อเป็นอาหารด้วยการวิ่ง จะเห็นได้ว่าถึงแม้ว่ามนุษย์จะมีสัญชาตญาณบางประการด้อยกว่าสัตว์อื่น ๆ ไม่ว่าจะเป็น การดมกลิ่น การได้ยิน การมองเห็น การรับรู้ทิศทาง และการรับรู้อุณหภูมิ แต่มนุษย์ก็มีสิ่งที่เหนือกว่าสัตว์ชนิดอื่น ๆ นั่นคือ ความสามารถในการเรียนรู้ การพัฒนาองค์ความรู้และการถ่ายทอดความรู้ให้กับลูกหลานในรุ่นต่อ ๆ ไป

มนุษย์ได้มีการศึกษาทางด้านศาสตร์การสอนและทฤษฎีการเรียนรู้มาอย่างยาวนาน แต่เพิ่งจะมีการศึกษาอย่างจริงจังและเป็นระบบในช่วง 100 ปีที่ผ่านมาเท่านั้น กอปรกับการเรียนรู้ของมนุษย์นั้น มีความสลับซับซ้อนและมีตัวแปรที่เกี่ยวข้องจำนวนมาก ทำให้องค์ความรู้ที่เกี่ยวกับการเรียนการสอนนั้นยังมีไม่มาก และนักการศึกษาเองก็ยังไม่สามารถหาทฤษฎีที่ดีที่สุดที่สามารถอธิบายการเรียนรู้ของมนุษย์ได้อย่างถูกต้องแม่นยำและครอบคลุมทุกตัวแปรที่เป็นไปได้ ดังนั้นผมจึงอยากให้ท่านผู้อ่านมีสติอยู่เสมอว่า **การเรียนการสอนที่ยึดติดกับทฤษฎีการเรียนรู้ทฤษฎีใดทฤษฎีหนึ่งมากจนเกินไปอาจจะไม่ส่งผลดีเทียบเท่ากับการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการเรียนรู้หลาย ๆ ทฤษฎีเข้าด้วยกัน** นอกจากนี้แล้วผมอยากให้ท่านผู้อ่านคิดอยู่เสมอว่า **การเรียนรู้ของมนุษย์นั้นขึ้นกับสภาพแวดล้อมรอบตัวและลักษณะของเนื้อหาวิชาที่กำลังศึกษาด้วย** ดังนั้นเพื่อให้การใช้ทฤษฎีการเรียนรู้เกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูงสุด จำเป็นที่จะต้องใช้ประสบการณ์ของท่านผู้อ่านมาร่วมในการคิดและตัดสินใจเพื่อปรับให้เข้ากับสถานการณ์ที่ท่านผู้อ่านเผชิญอยู่ ในวงการทางการศึกษาจะมีคำศัพท์คำหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์นี้คือ **ความรู้ความสามารถในการสอนเนื้อหาใดเนื้อหาหนึ่ง (Pedagogical Content Knowledge: PCK)** แนวคิดนี้ก็คือ ความสามารถในการสอนเนื้อหาใดเนื้อหาหนึ่งนั้น จัดว่าเป็นความสามารถเฉพาะบุคคลที่ต้องใช้ความรู้ทั้งทางด้านเนื้อหา ด้านศาสตร์การสอน ประสบการณ์ในการสอน ความรู้เกี่ยวกับตัวนักเรียนและสิ่งแวดล้อมมาประกอบเข้าด้วยกัน ตัวอย่างเช่น คนที่เข้าใจเนื้อหาเรื่องคลื่นเป็นอย่างดีก็อาจจะไม่สามารถสอนเรื่องคลื่นให้กับนักเรียนหรือบุคคลอื่นได้ หากเขาไม่ทราบว่าจะต้องสอนหรืออธิบายอย่างไร และคนที่เข้าใจทฤษฎีการเรียนรู้เป็นอย่างดีก็ไม่สามารถที่จะสอนเรื่องคลื่นให้กับนักเรียนได้ หากเขาไม่มีความรู้ความเข้าใจในตัวทฤษฎีที่เกี่ยวกับเรื่องคลื่นอย่างเพียงพอ

ทฤษฎีการเรียนรู้ที่ผมจะนำเสนอในบทความนี้มาจากแนวความคิดของกลุ่มนักจิตวิทยาที่ทำการศึกษาเกี่ยวกับการทำงานของระบบสมองที่เรียกว่า **ทฤษฎีกระบวนการทางสมองในการประมวลผลข้อมูล (Information Processing Theory)** โดยนักจิตวิทยากลุ่มนี้ได้มีการนำเสนอโมเดลที่อธิบายการทำงานของระบบสมองมนุษย์อยู่หลากหลายโมเดล

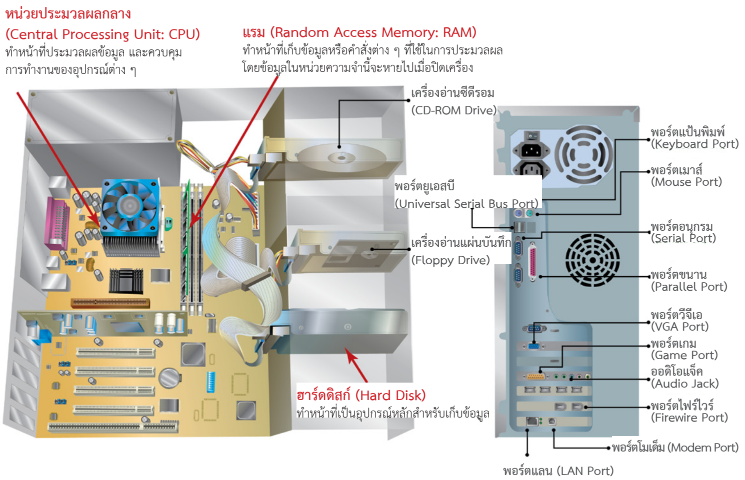
แต่โมเดลที่ได้รับการยอมรับมากก็คือ **โมเดลการทำงานของสมองแบบคู่หน่วยความจำ (A Dual Store Model of Memory)** ที่นำเสนอโดย ริชาร์ด แอทคินสัน (Richard Atkinson) และ ริชาร์ด ซิฟฟริน (Richard Shiffrin) โมเดลนี้สามารถแสดงได้ดังรูป 2



รูป 2 โมเดลการทำงานของสมองแบบคู่หน่วยความจำ

การทำงานของสมองตามโมเดลแบบคู่หน่วยความจำนี้ จะประกอบไปด้วยสามส่วนหลัก โดยส่วนแรกคือ **หน่วยรับข้อมูลจากประสาทสัมผัส (Sensory Register)** จะทำหน้าที่รับข้อมูลจากภายนอกในรูปแบบของการมองเห็น การได้ยิน การได้กลิ่น การรับรส และการสัมผัส แล้วส่งไปยังหน่วยประมวลผล โดยหน่วยประมวลผลจะมีหน่วยความจำสองแบบที่มีหน้าที่และคุณสมบัติที่แตกต่างกันคือ **หน่วยความจำระยะสั้นหรือหน่วยความจำสำหรับการประมวลผล (Short-Term/Working Memory)** ในส่วนนี้จะทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูลที่ได้รับจากหน่วยรับข้อมูลจากประสาทสัมผัส โดยใช้ข้อมูลจากหน่วยความจำหน่วยที่สองในการตีความ ซึ่งหน่วยความจำหน่วยที่สองนี้คือ **หน่วยความจำระยะยาว (Long-Term Memory)** จะมีหน้าที่เก็บข้อมูลที่ระบบสมองได้ทำการพิจารณาแล้วว่าเป็นข้อมูลที่มีความสำคัญควรค่าแก่การจดจำเพื่อนำมาใช้ในอนาคต

โมเดลการทำงานของสมองแบบคู่หน่วยความจำจึงมีลักษณะคล้ายการทำงานของคอมพิวเตอร์ที่ประกอบไปด้วย หน่วยรับข้อมูล (Input Unit) แรม (RAM) และ รอม (ROM) ดังรูป 3 โดยที่หน่วยรับข้อมูลของคอมพิวเตอร์เปรียบได้กับหน่วยรับข้อมูลจากประสาทสัมผัสของระบบสมอง ซึ่งหน่วยรับข้อมูลของคอมพิวเตอร์นี้มีหน้าที่ในการรับข้อมูลจากภายนอกผ่านทางคีย์บอร์ด เมาส์ ไมโครโฟน หรือหน้าจอ (ในกรณีที่เป็นจอระบบสัมผัส) แล้วส่งข้อมูลไปยังหน่วยประมวลผลที่ประกอบไปด้วยหน่วยความจำสองแบบคือ แรม (RAM) ซึ่งเปรียบได้กับหน่วยความจำระยะสั้นของระบบสมอง โดยแรมจะมีหน้าที่ในการเก็บข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการประมวลผลแบบชั่วคราวเท่านั้น ในขณะที่หน่วยความจำหน่วยที่สองก็คือ รอม (ROM) หรือที่เรารู้จักคือ ฮาร์ดดิสก์ (Hard Disk) จะเป็นหน่วยความจำหลักที่เก็บข้อมูลที่สำคัญต่าง ๆ เอาไว้ ซึ่งเปรียบได้กับหน่วยความจำระยะยาวของระบบสมองนั่นเอง



รูป 3 ส่วนประกอบของเครื่องคอมพิวเตอร์

หน่วยรับข้อมูลจากประสาทสัมผัส

เมื่อมนุษย์ได้รับข้อมูลจากสิ่งแวดล้อมภายนอกไม่ว่าจะเป็นในรูปแบบของการมองเห็น การได้ยิน การได้กลิ่น การรับรส และการสัมผัส ข้อมูลเหล่านี้จะถูกส่งมาเก็บไว้ที่หน่วยรับข้อมูลจากประสาทสัมผัสช่วงเวลาหนึ่ง ก่อนที่จะถูกส่งออกไปเพื่อประมวลผล การเกิดภาพติดตาเป็นตัวอย่างหนึ่งที่แสดงถึงการตกค้างของข้อมูลในหน่วยรับข้อมูล ตัวอย่างของภาพติดตา ได้แก่ การเกิดภาพซ้อนทับกันระหว่างกรงกับนกในของเล่นที่ชื่อว่า Thaumatrope การเกิดร่องรอยการเดินทางของแหล่งกำเนิดแสงในที่มืดและการบิดเบี้ยวของดินสอที่กำลังเคลื่อนที่ขึ้นลงอย่างรวดเร็ว ดังรูปที่ 4

รูป 4 ภาพจำลองการเกิดภาพติดตา

ยังไม่เป็นที่แน่ชัดว่าหน่วยรับข้อมูลจากประสาทสัมผัสมีขนาดความจุเป็นเท่าไร แต่นักจิตวิทยาที่ศึกษาเกี่ยวกับสมองส่วนใหญ่ลงความเห็นว่า ขนาดความจุของหน่วยรับข้อมูลนี้มีจำนวนมากมายนับไม่ถ้วน โดยที่ข้อมูลที่เข้ามายังหน่วยรับข้อมูลจากประสาทสัมผัสมีจำนวนมากและมีการรับส่งข้อมูลอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นมนุษย์จะจัดการกับข้อมูลจำนวนมากที่หน่วยรับข้อมูลจากประสาทสัมผัสได้อย่างไร? ข้อมูลใดบ้างที่จะถูกส่งต่อไปยังหน่วยประมวลผล? คำตอบก็คือ ข้อมูลที่เราให้ความสนใจเท่านั้น จึงจะถูกส่งต่อไปยังหน่วยประมวลผล เช่น ในขณะที่ท่านผู้อ่านกำลังอ่านบทความนี้อยู่ ความสนใจของท่านจะถูกส่งไปที่ตัวอักษรที่ปรากฏในบทความ ดังนั้นข้อมูลจากการมองเห็นจึงถูกส่งต่อไปยังหน่วยประมวลผล แต่ข้อมูลจากประสาทสัมผัสส่วนอื่น ๆ อาจถูกละเลยไป เช่น ท่านอาจจะลืมที่จะสังเกตเสียงรอบข้าง ลืมไปว่าเท้าท่านกำลังสัมผัสพื้นอยู่และขาของท่านก็กำลังสัมผัสเก้าอี้อยู่ เช่นเดียวกันกับกรณีที่นักเรียนไม่สามารถจดจำสิ่งที่ครูพูดอยู่หน้าชั้นเรียนได้ ถึงแม้นักเรียนคนนี้จะได้ยินในสิ่งที่ครูพูดก็ตาม การเกิดเหตุการณ์เช่นนี้ขึ้น เนื่องจากนักเรียนคนนี้ไม่ได้ให้ความสนใจกับสิ่งที่ครูกำลังพูด นี่จึงเป็นเหตุผลหนึ่งที่สมองของมนุษย์ไม่สามารถจดจำสิ่งที่ได้ยินหรือสิ่งที่ได้เห็นได้

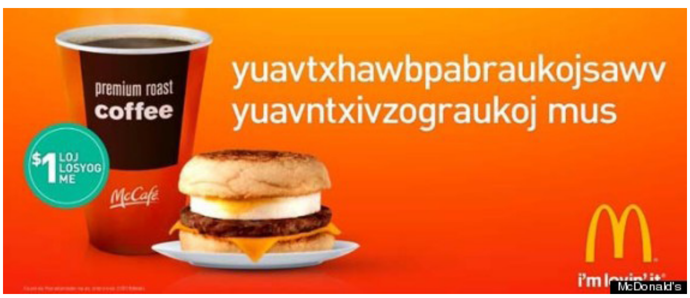
ท่านผู้อ่านคิดว่า ข้อมูลที่มีลักษณะใดบ้างครับที่ได้รับความสนใจจากระบบสมองของมนุษย์เป็นพิเศษ? คำตอบก็คือ ข้อมูลนั้นจะต้องมีความโดดเด่นและแตกต่างจากสิ่งอื่น ๆ โดยที่คุณสมบัติของข้อมูลที่มีความโดดเด่นมีดังนี้

- **ขนาด** วัตถุที่มีขนาดใหญ่จะได้รับความสนใจจากสายตามนุษย์มากกว่าวัตถุที่มีขนาดเล็ก เช่น กรณีของใบปลิวโฆษณาที่มีการใช้ตัวอักษร ขนาดใหญ่ กับข้อความที่เจ้าของโฆษณาต้องการจะสื่อสารไปยังผู้อ่าน ในขณะที่ข้อความที่ไม่มีความสำคัญ ผู้ออกแบบใบปลิวจะใช้ตัวอักษร ขนาดเล็ก ดังรูปที่ 5
- **ความเข้ม** ปัจจัยหนึ่งที่สามารถดึงความสนใจของมนุษย์ได้ก็คือ ความเข้มของสัญญาณ เช่น ในขณะที่เราอ่านหนังสืออยู่ใน

ห้องเงียบ ๆ เราจะสามารถรับรู้เสียงที่ดังมาก ๆ หรือเสียงที่แหลมมาก ๆ ได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้เราก็ยังสามารถรับรู้กลิ่นที่เหม็นมาก ๆ หรือกลิ่นที่หอมมาก ๆ ได้อย่างรวดเร็วเช่นกัน สีสันของวัตถุก็เป็นตัวอย่างหนึ่งที่มีความสามารถในการดึงความสนใจของสายตามนุษย์ได้เป็นอย่างดี โดยที่สีแดง สีเหลือง หรือสีสว่างที่โดดเด่นกว่าสีของวัตถุรอบข้าง จะได้รับความสนใจจากสายตามนุษย์เป็นพิเศษ ด้วยเหตุนี้ ของเล่นเด็กทั้งหลายจึงถูกออกแบบให้มีสีสันสวยงามเพื่อดึงความสนใจของเด็กให้มองเห็นสิ่งเหล่านั้นก่อนวัตถุชนิดอื่น ๆ ความหนาบางของตัวอักษรก็เช่นกัน ตัวอักษรที่มีความหนากว่าปกติจะได้รับความสนใจมากกว่าตัวอักษรที่มีขนาดปกติ ดังนั้นตัวอักษรหนาจึงถูกเลือกใช้สำหรับการเน้นหัวข้อหรือข้อความที่สำคัญ ๆ

• **ความผิดแผก** ลักษณะสิ่งที่ผิดปกติ โดดเด่น หรือแตกต่างจากสิ่งอื่นที่อยู่โดยรอบก็เป็นคุณสมบัติหนึ่งที่สามารถดึงความสนใจของมนุษย์ได้เป็นอย่างดี เช่น ข้อความที่ขีดเส้นใต้ หรือ ข้อความที่อยู่ในกรอบ

• **ความสนใจส่วนบุคคล** ถึงแม้ว่าคุณสมบัติอื่น ๆ ที่กล่าวมาข้างต้นไม่ว่าจะเป็นขนาด ความเข้มและความผิดแผกของข้อมูลจะสามารถดึงความสนใจของสมองมนุษย์ได้เป็นอย่างดี แต่ก็ไม่ได้หมายความว่า คุณสมบัติเหล่านี้จะสามารถรักษาระดับความสนใจนี้ได้เป็นระยะเวลานาน ปัจจัยอีกปัจจัยหนึ่งที่นอกจากจะเป็นปัจจัยที่สามารถดึงความสนใจของมนุษย์ได้แล้ว ยังสามารถรักษาระดับความสนใจนั้นได้เป็นระยะเวลาที่ยาวนานก็คือ การสอดคล้องกับความสนใจส่วนบุคคล เช่น ถ้าหากเปรียบเทียบระหว่างหนังสือเรียนกับโทรทัศน์ที่เปิดพร้อมกัน เด็กย่อมจะเลือกที่จะดูโทรทัศน์มากกว่าอ่านหนังสือเรียน แต่ในกรณีที่เป็นหนังสือการ์ตูนที่เด็กชอบอ่านมาก ๆ เมื่อเปรียบเทียบกับละครในโทรทัศน์ เด็กคนนี้ก็อาจจะเลือกอ่านหนังสือการ์ตูนก็เป็นได้ ดังนั้นความสนใจส่วนบุคคลจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญในการกำหนดการเลือกรับรู้ข้อมูล



รูป 5 ตัวอย่างใบปลิวโฆษณา

ผมอยากให้ท่านผู้อ่านลองกลับไปดูวิธีการสอนของท่านนะครับว่า วิธีการสอนของท่านมีความสามารถในการดึงดูดความสนใจของนักเรียนหรือบุตรหลานของท่านมากน้อยเพียงใด? สื่อการเรียนการสอนมีการใช้ตัวอักษรตัวใหญ่ ตัวหนา มีการใช้การตีกรอบ การขีดเส้นใต้หรือการไฮไลท์เน้นข้อความที่สำคัญหรือไม่? ขณะที่ท่านสอนมีการใช้เสียงสูง เสียงต่ำ เพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียนหรือไม่? รูปภาพหรือคำบรรยายประกอบการสอนมีความโดดเด่นหรือไม่? ตัวเนื้อหาและตัวอย่างประกอบมีความเกี่ยวข้องกับตัวผู้เรียนและสอดคล้องกับความสนใจของผู้เรียนหรือไม่? ถ้าคำตอบของท่านส่วนใหญ่คือ "ไม่" ผู้เรียนก็อาจจะไม่ให้ความสนใจบทเรียนของท่านก็เป็นได้ ดังนั้นการออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนจึงควรจะคำนึงถึงปัจจัยที่ช่วยดึงดูดความสนใจของผู้เรียนด้วยนะครับ

ความรู้ที่ท่านผู้อ่านได้ในบทความนี้อาจจะยังไม่เพียงพอต่อการนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนของท่านมากนัก เปรียบได้กับจิ๊กซอว์ (Jigsaw) ที่ตอนนี้ท่านผู้อ่านยังมีเพียงแค่ตัวเดียว แต่เมื่อท่านผู้อ่านได้รับจิ๊กซอว์เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ และนำมาร้อยเรียงต่อกัน ท่านก็จะค่อย ๆ มองเห็นภาพว่า สิ่งที่ท่านมีนั้นมันสวยงามและมีคุณค่าเพียงใด ในบทความต่อไป ผมจะอธิบายถึงการทำงานและข้อจำกัดของหน่วยความจำสำหรับการประมวลผลของระบบสมองมนุษย์ เป็นที่ทราบกันอยู่แล้วว่าคอมพิวเตอร์จะประมวลผลเร็วหรือช้านั้น ส่วนหนึ่งจะขึ้นอยู่กับขนาดความจุของแรม การประมวลผลของสมองมนุษย์ก็เช่นกัน การที่มนุษย์มีขนาดของหน่วยความจำสำหรับการประมวลผลที่จำกัด จึงส่งผลต่อความสามารถในการเรียนรู้ ดังนั้นเราจะบริหารจัดการแรมในสมองของเราให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพได้อย่างไร? เราจะฝึกหรือเพิ่มหน่วยความจำของแรมในสมองของเราได้อย่างไร? การแปลงโจทย์ปัญหาเป็นรูปภาพและการทำแบบฝึกหัดบ่อย ๆ จะช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ได้อย่างไร? คำตอบของคำถามเหล่านี้ ท่านผู้อ่านจะได้รับทราบกันในบทความต่อไป สำหรับบทความนี้ผมคงต้องขอจบเพียงเท่านั้น ขอบคุณมากครับ

บรรณานุกรม

Atkinson, R. C. & Shiffrin, R. M. (1968). *Human memory: A proposed system and its control processes.* In K.W. Spence & J.T. Spence, *The psychology of learning and motivation (Volume 2)*. New York: Academic Press. pp.89-195.

Hunt, M. (1983). *The universe within: A new science explores the human mind.* New York: Simon and Schuster.

Ormrod, J. E. (2004). *Human Learning.* (4th ed.). Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Prentice Hall.

Stewart, J. & Atkin, J. A. (1982). Information processing psychology: A promising paradigm for research in science teaching. *Journal of Research in Science Teaching, 19*(4), 321-332.

[redacted] [redacted] [redacted]

ดร. สนธิ พลชัยยา
นักวิชาการ สาขาเคมี สสวท. / e-mail : sopho@ipst.ac.th

อีกหนึ่งทางสอน... เพื่อให้เด็กรักษ์สิ่งแวดล้อม

เป็นที่ยอมรับกันดีว่าในหลาย ๆ ทศวรรษที่ผ่านมา ผู้คนหันมาใส่ใจและให้ความสำคัญกับสิ่งแวดล้อมกันมากขึ้น และนับตั้งแต่ที่มีการตีพิมพ์ Twelve Principles of Green Chemistry ในหนังสือที่ชื่อว่า Green Chemistry: Theory and Practice ในปี ค.ศ. 1998 โดย Paul T. Anastas และ John C. Warner การพัฒนากระบวนการผลิตในวงการอุตสาหกรรมทางเคมีที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมได้ก่อเกิดเป็นรูปธรรมมากขึ้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา ได้มีการตีพิมพ์บทความที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนารูปแบบกระบวนการทางเคมีบนพื้นฐานของความปลอดภัยและการลดมลพิษจำนวนมากมาย ทั้งในเรื่องของการทดลองแบบย่อส่วน การใช้สารทดแทน การลดขั้นตอนการสังเคราะห์สาร การเลือกใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีความจำเพาะมากขึ้น การใช้ non volatile solvents เช่น ionic liquid และ aqueous solvent หรือการเลือกทำปฏิกิริยาเคมีแบบไม่ใช้ตัวทำละลาย เป็นต้น

สำหรับแวดวงการศึกษาเองก็เช่นกัน ได้มีการพัฒนาอุปกรณ์และประยุกต์รูปแบบการทดลองทางเคมีที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมาใช้ในการเรียนการสอน สำหรับตัวอย่างรูปแบบการทดลองทางเคมีในระดับโรงเรียนที่พบเห็นโดยทั่วไป เช่น การให้นักเรียนทำปฏิบัติการเคมีแบบย่อส่วน การใช้สารทดแทน และการทดลองเสมือนจริง ซึ่งไม่ว่าจะเลือกใช้วิธีการใดก็ย่อมเป็นผลดีต่อสิ่งแวดล้อมและยังเป็นการปลูกจิตรักษ์สิ่งแวดล้อมให้กับนักเรียนอีกด้วย สำหรับตัวอย่างที่จะนำเสนอในบทความนี้เป็นการสอนอีกแนวทางหนึ่ง ซึ่งเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เปรียบเทียบและคิดวิเคราะห์เกี่ยวกับการเลือกวิธีการเตรียมสารเคมีในชีวิตประจำวันที่ปลอดภัยต่อผู้ทดลองและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ดังกรณีศึกษาต่อไปนี้

สถานการณ์ที่ 1 ในการเตรียมคอปเปอร์ (II) ไนเตรต ($Cu(NO_3)_2$) เพื่อใช้ทำสีย้อมผ้า สามารถเตรียมได้ 3 วิธีดังสมการ

วิธีที่ 1

$$Cu + 4HNO_3 \longrightarrow Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$$

วิธีที่ 2

$$3Cu + 8HNO_3 \longrightarrow 3Cu(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$$

วิธีที่ 3

$$2Cu + O_2 \longrightarrow 2CuO \xrightarrow{4HNO_3} 2Cu(NO_3)_2 + 2H_2O$$

คำถาม การเตรียม $Cu(NO_3)_2$ โดยวิธีใดปลอดภัยและก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

จากสมการในวิธีที่ 1 2 และ 3 จะเห็นว่าเกิด $Cu(NO_3)_2$ จำนวน 1 3 และ 2 โมลตามลำดับ ดังนั้นเพื่อความสะดวกในการพิจารณาเปรียบเทียบ จึงดุลจำนวนโมลของ $Cu(NO_3)_2$ ให้เป็น 6 โมลเท่ากัน ดังนี้

สมการในวิธีที่ 1 x 6

$$6Cu + 24HNO_3 \longrightarrow \mathbf{6Cu(NO_3)_2} + 12NO_2 + 12H_2O$$

สมการในวิธีที่ 2 x 2

$$6Cu + 16HNO_3 \longrightarrow \mathbf{6Cu(NO_3)_2} + 4NO + 8H_2O$$

สมการในวิธีที่ 3 x 3

$$6Cu + 3O_2 \longrightarrow 6CuO \xrightarrow{12HNO_3} \mathbf{6Cu(NO_3)_2} + 6H_2O$$

เมื่อพิจารณาการเตรียม $Cu(NO_3)_2$ จำนวน 6 โมลเท่ากัน จากทั้ง 3 วิธี จะเห็นว่าวิธีที่ 1 จะต้องใช้จำนวนโมลของกรดไนตริก (HNO_3) มากถึง 24 โมล หรือประมาณ 1,512 กรัม นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) 12 โมลหรือประมาณ 552 กรัม ส่วนวิธีที่ 2 จะปลอดภัยกับผู้ทดลองมากกว่าวิธีที่ 1 เพราะจะใช้ HNO_3 เพียง 16 โมล หรือประมาณ 1,008 กรัม แต่การเตรียมวิธีนี้จะทำให้เกิดแก๊สไนโตรเจนมอนอกไซด์ (NO) 4 โมล หรือประมาณ 120 กรัม ส่วนวิธีที่ 3 นั้น เป็นวิธีปลอดภัยต่อผู้ทดลองและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากที่สุด เพราะใช้ HNO_3 เพียง 12 โมล หรือ 756 กรัม และยังไม่ก่อให้เกิดแก๊สพิษ NO_2 และ NO ดังวิธีที่ 1 และ 2 อีกด้วย

[redacted] [redacted] [redacted]

สถานการณ์ที่ 2 ในการเตรียมอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ $Al(OH)_3$ เพื่อนำไปใช้ทำยารักษาโรคกระเพาะอาหารอักเสบ โดยใช้อะลูมิเนียม (Al) ทำปฏิกิริยาผ่านกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) และโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) สามารถเตรียมได้ 2 วิธี ดังสมการ

วิธีที่ 1 $Al \xrightarrow{H_2SO_4} Al_2(SO_4)_3 \xrightarrow{NaOH} Al(OH)_3$

วิธีที่ 2 $Al \xrightarrow{NaOH} Na[Al(OH)_4] \xrightarrow{H_2SO_4} Al(OH)_3$

คำถาม

1. การเตรียม $Al(OH)_3$ ด้วยวิธีใดที่มีความปลอดภัยและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากกว่า
2. มีวิธีเตรียม $Al(OH)_3$ แบบอื่นที่ปลอดภัยและเกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมน้อยลงหรือไม่ อย่างไร

จากสถานการณ์ที่กำหนด เมื่อแสดงขั้นตอนและดุลสมการการเตรียม $Al(OH)_3$ ทั้ง 2 วิธี จะได้ดังนี้

วิธีที่ 1 มีขั้นตอนการเตรียมดังสมการ

$$2Al + 3H_2SO_4 \longrightarrow Al_2(SO_4)_3 + 3H_2$$

$$Al_2(SO_4)_3 + 6NaOH \longrightarrow \mathbf{2Al(OH)_3} + 3Na_2SO_4$$

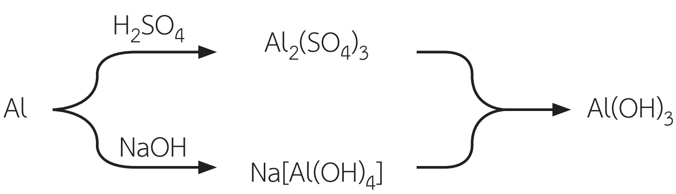
วิธีที่ 2 มีขั้นตอนการเตรียมดังสมการ

$$2Al + 2NaOH + 6H_2O \longrightarrow 2Na[Al(OH)_4] + 3H_2$$

$$2Na[Al(OH)_4] + H_2SO_4 \longrightarrow \mathbf{2Al(OH)_3} + Na_2SO_4 + 2H_2O$$

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบการเตรียมสารทั้ง 2 วิธี จะพบว่าการเตรียม $Al(OH)_3$ จำนวน 2 โมล หรือ 156 กรัม ด้วยวิธีที่ 1 จะต้องใช้ H_2SO_4 3 โมล หรือประมาณ 294 กรัม และ NaOH 6 โมล หรือประมาณ 240 กรัม นอกจากนี้ยังเกิดกากของเสีย ซึ่งในกรณีนี้คือ Na_2SO_4 3 โมล หรือประมาณ 426 กรัม แต่ถ้าเตรียมด้วยวิธีที่ 2 จะใช้ H_2SO_4 เพียง 1 โมล หรือประมาณ 98 กรัม และ NaOH เพียง 2 โมล หรือประมาณ 80 กรัม มีกากของเสีย Na_2SO_4 1 โมลหรือประมาณ 142 กรัม ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการเตรียมสารผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวกัน โดยใช้สารตั้งต้นเหมือนกัน แต่ถ้าขั้นตอนของการเข้าทำปฏิกิริยาของสารต่างกัน จะใช้สารในปริมาณที่ต่างกัน อันส่งผลต่อความปลอดภัยของผู้ทดลองและการปล่อยลดสารพิษออกสู่สิ่งแวดล้อมต่างกันได้

สำหรับการแก้ปัญหาในคำถามข้อที่ 2 นักเรียนจะต้องประยุกต์และต่อยอดความรู้เดิม โดยต้องบูรณาการระหว่างวิธีที่ 1 และ 2 เข้าด้วยกัน นั่นคือ เตรียม $Al_2(SO_4)_3$ ตามวิธีที่ 1 และ เตรียม $Na[Al(OH)_4]$ ด้วยวิธีที่ 2 จากนั้นนำ $Al_2(SO_4)_3$ มาทำปฏิกิริยากับ $Na[Al(OH)_4]$ ดังนี้



เมื่อแสดงขั้นตอนและดุลสมการ จะได้ดังนี้

$$2Al + 3H_2SO_4 \longrightarrow Al_2(SO_4)_3 + 3H_2$$

$$6Al + 6NaOH + 18H_2O \longrightarrow 6Na[Al(OH)_4] + 9H_2$$

$$Al_2(SO_4)_3 + 6Na[Al(OH)_4] \longrightarrow \mathbf{8Al(OH)_3} + 3Na_2SO_4$$

การเตรียม $Al(OH)_3$ โดยวิธีใหม่นี้ พบว่า ถ้าเตรียม $Al(OH)_3$ จำนวน 8 โมล หรือ 624 กรัม จะต้องใช้ H_2SO_4 3 โมล หรือประมาณ 294 กรัม และ NaOH 6 โมล หรือประมาณ 240 กรัม และมีกากของเสีย Na_2SO_4 เกิดขึ้น 3 โมล หรือประมาณ 426 กรัม แต่ถ้าเตรียม $Al(OH)_3$ จำนวน 2 โมล หรือ 156 กรัม ซึ่งเท่ากันกับวิธีที่ 1 และ 2 จะใช้ H_2SO_4 เพียง 0.75 โมล หรือประมาณ 73.5 กรัม และ NaOH 1.5 โมล หรือประมาณ 60 กรัม และมีกากของเสีย Na_2SO_4 เกิดขึ้น 0.75 โมล หรือประมาณ 106.5 กรัม ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนว่าการเตรียมสารโดยวิธีใหม่ที่มีการผสมผสาน 2 วิธีแรกเข้าด้วยกันนั้น จะใช้ปริมาณกรดและเบสน้อยลง นอกจากนี้ยังลดปริมาณกากของเสียที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาได้อีกด้วย

จากตัวอย่างที่กล่าวมา เป็นการยกสถานการณ์หรือกรณีศึกษาจริง อย่างไรก็ตามในการจัดกระบวนการเรียนการสอนในห้องเรียน ครูผู้สอนสามารถประยุกต์โจทย์ปัญหาให้สอดคล้องกับเนื้อหาที่สอนและสามารถนำวิธีการดังกล่าวนี้มาสอนในห้องเรียน หรือมอบหมายให้นักเรียนทำนอกเวลา สำหรับแนวทางการสอนที่ยกตัวอย่างมานี้ นอกจากจะช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับสมการเคมี การฝึกดุลสมการเคมี และการคิดวิเคราะห์แล้ว ยังเป็นการปลูกฝังให้นักเรียนคำนึงถึงความปลอดภัยต่อตนเองในการทดลองทางเคมีตลอดจนปลูกจิตสำนึกรักษ์สิ่งแวดล้อมอีกด้วย

บรรณานุกรม

Anastas, P.T., & Warner, J.C. (1998). *Green chemistry: Theory and practice.* New York: Oxford University Press.

Phonchaiya, S. (2009). *An Environmentally Friendly Approach to Students' Experimental Organic Chemistry.* Bangkok: Mahidol University.

Song, Y., Wang, Y., & Geng, Z. (2004). Some exercise reflecting green chemistry. *Journal of Chemical Education, 81*(5), 691-692.

ธีรพัฒน์ เวชชประสิทธิ์
นักวิชาการ สาขาชีววิทยา สสวท. / e-mail : twech@ipst.ac.th

จุลินทรีย์กับพลาสติก

จุลินทรีย์ส่วนใหญ่มีบทบาทเป็นผู้ย่อยสลายสารอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ เช่น ซากพืช ซากสัตว์ที่อยู่ในธรรมชาติ ในขณะเดียวกันยังมีสารประกอบอีกหลายชนิดที่มนุษย์สังเคราะห์ขึ้น ซึ่งมักจะเป็นสารที่ก่อให้เกิดมลพิษหรือสารที่ย่อยสลายได้ยาก โดยจุลินทรีย์ทั่ว ๆ ไปในธรรมชาติทำให้สารประกอบเหล่านี้ตกค้างอยู่ในสิ่งแวดล้อมเป็นจำนวนมาก และหนึ่งในสารประกอบที่มนุษย์สร้างขึ้น ซึ่งเป็นปัญหากับสิ่งแวดล้อมในเกือบทุกประเทศทั่วโลกก็คือ **พลาสติก**

พลาสติกมีหลากหลายชนิด สามารถนำไปผลิตเป็นวัสดุต่าง ๆ ได้หลากหลาย แต่พลาสติกชนิดที่มีการใช้งานกันมากคือ พลาสติกที่ใช้ในงานด้านการบรรจุภัณฑ์ เช่น ถุงพลาสติก ขวดบรรจุเครื่องดื่ม กล่องบรรจุอาหาร พลาสติกชนิดนี้เป็นพลาสติกที่ผลิตขึ้นจากพอลิเมอร์สังเคราะห์ ที่เรียกว่า พอลิเอทิลีน (polyethylene: PE) เมื่อสังคมมนุษย์มีการพัฒนาด้านต่าง ๆ เจริญก้าวหน้าไปมาก พอลิเอทิลีนจึงถูกนำมาใช้ เพื่อผลิตเป็นพลาสติกมากขึ้นเรื่อย ๆ จนเกิดเป็นปัญหาตามมาคือ ไม่สามารถกำจัดพลาสติกที่ถูกนำไปใช้ประโยชน์แล้วเหล่านี้ได้ ปริมาณขยะพลาสติกล้นเมือง การแก้ปัญหามักจะทำโดยการฝังกลบในดินทำให้เกิดปัญหากับระบบนิเวศขึ้น เพราะเมื่อพลาสติกเหล่านี้ปนเปื้อนอยู่ในดินจะต้องใช้เวลาตั้งแต่ 20 ปี ไปจนถึง 1,000 ปี กว่าจะเริ่มมีการย่อยสลายขึ้นเองตามธรรมชาติ

แนวทางในการที่จะแก้ปัญหาขยะพลาสติกที่ปนเปื้อนอยู่ในสิ่งแวดล้อมอาจทำได้ 2 แนวทางคือ แนวทางแรก หาจุลินทรีย์จากแหล่งต่าง ๆ ในธรรมชาติที่มีความสามารถในการย่อยสลายพลาสติกที่ผลิตจากพอลิเอทิลีน แนวทางที่ 2 พัฒนาพอลิเมอร์สังเคราะห์ที่สามารถเกิดการย่อยสลายโดยวิธีการทางชีวภาพหรือพอลิเมอร์สังเคราะห์ที่สามารถเกิดการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ทั่ว ๆ ไปที่มีอยู่ในแหล่งดินและแหล่งน้ำได้

จุลินทรีย์ย่อยสลายพลาสติกได้อย่างไร

จุลินทรีย์ทั้งแบคทีเรีย รา และแอกทิโนไมซิส สามารถย่อยสลายพลาสติกที่ผลิตจากพอลิเอทิลีนได้ โดยอาศัยเอนไซม์ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาการสลายสายของพอลิเมอร์ให้กลายเป็นโอลิโกเมอร์ (oligomer) หรือมอนอเมอร์ (monomer) ซึ่งจะถูกนำไปใช้ในการสลายสารอาหารภายในเซลล์ของจุลินทรีย์ ซึ่งถ้าเป็นการสลายสารอาหารแบบใช้ออกซิเจนจะได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ เป็นผลิตภัณฑ์สุดท้าย ในขณะที่การสลายสารอาหารแบบไม่ใช้ออกซิเจนจะได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และยังได้ก๊าซมีเทนกลับเข้าสู่สิ่งแวดล้อมอีกด้วย การย่อยสลายพลาสติกโดยจุลินทรีย์ถือเป็นการย่อยสลายที่สมบูรณ์ เพราะไม่มีผลิตภัณฑ์ที่เป็นพิษตกค้างในสิ่งแวดล้อม ซึ่งแตกต่างจากพลาสติกที่เกิดการย่อยสลายได้เองจากแสง หรือความร้อน ซึ่งยังเหลือผลิตภัณฑ์ชนิดอื่น ๆ ที่ไม่สามารถย่อยสลายต่อไปได้และตกค้างอยู่ในสิ่งแวดล้อม

นักวิทยาศาสตร์พยายามที่จะค้นหาเชื้อจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการย่อยสลายพอลิเอทิลีน โดยคาดหวังว่าจุลินทรีย์ที่หาได้นั้น จะช่วยแก้ปัญหาเรื่องการกำจัดขยะพลาสติก ความสนใจและตื่นตัวในการหาจุลินทรีย์ย่อยสลายพอลิเอทิลีนยิ่งมีมากขึ้น เมื่อนาย Daniel Burd นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากประเทศแคนาดา ได้รับรางวัลระดับโลกหลายรางวัลในปี พ.ศ. 2551 จากการค้นพบแบคทีเรียที่สามารถย่อยสลายพอลิเอทิลีนได้

Daniel ตั้งสมมุติฐานการทดลองว่า "ถ้ามีจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายพอลิเอทิลีนอยู่ในธรรมชาติ จะต้องสามารถแยกเชื้อจุลินทรีย์ดังกล่าว และใช้จุลินทรีย์ที่แยกได้นี้ในการย่อยสลายถุงพลาสติกที่ผลิตจากพอลิเอทิลีนได้" Daniel ได้ทำการทดลองแยกจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายพลาสติก โดยใช้ผงพอลิเอทิลีน (PE Powder) ผสมลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ สูตรอาหารนี้ใช้แยกและเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายโพลิเอธิลีนได้เท่านั้นเนื่องจากมีผงพอลิเอทิลีนเป็นแหล่งคาร์บอนเพียงแหล่งเดียว จุลินทรีย์ชนิดอื่น ๆ ที่ไม่สามารถย่อยสลายผงพอลิเอทิลีน ก็ไม่สามารถเจริญได้

Daniel ใช้ดินจากแหล่งที่มีการทิ้งขยะประเภทพลาสติก ใส่ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อดังกล่าว นำไปบ่มบนเครื่องเขย่าเพื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ จากนั้นถ่ายของเหลวลงในอาหารเลี้ยงเชื้อใหม่ชนิดเดิม ทำเช่นเดียวกันนี้จนครบ 3 ครั้ง จากนั้นนำส่วนผสมของอาหารเลี้ยงเชื้อที่ทำการทดลองครั้งสุดท้ายมากรองเอาเฉพาะส่วนน้ำใสซึ่งคาดว่าน่าจะมีจุลินทรีย์ที่ย่อยสลาย ผงพอลิเอทิลีน ได้ เจริญอยู่

ทดสอบหาจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายพลาสติกได้ โดยใส่ของเหลวที่ได้จากการกรองรวมกับแผ่นฟิล์มพอลิเอทิลีนที่ชั่งน้ำหนักไว้แล้ว ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ไม่มีแหล่งคาร์บอนอื่น ๆ นำไปบ่มโดยการเขย่าที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 สัปดาห์ และทำชุดควบคุมโดยการต้มของเหลวที่ได้จากการกรองในปริมาตรที่เท่ากัน ใส่ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีแผ่นฟิล์มเช่นเดียวกับการทดลองปกติ เมื่อทำการทดลองครบ 6 สัปดาห์ นำแผ่นฟิล์มมาชั่งน้ำหนักเพื่อหาน้ำหนักแห้งที่หายไป

จากการทดลองดังกล่าวพบว่า น้ำหนักแห้งของแผ่นฟิล์มที่อยู่ในภาชนะที่มีของเหลวจากการกรองที่ไม่ได้ผ่านการต้มลดลง ในขณะที่น้ำหนักแห้งของแผ่นฟิล์มที่อยู่ในภาชนะที่มีของเหลวจากการกรองที่ผ่านการต้มไม่มีการเปลี่ยนแปลง เมื่อนำของเหลวที่ได้จากการกรองมาตรวจสอบหาเชื้อจุลินทรีย์ พบว่าเป็นแบคทีเรีย 2 สกุล คือ *Pseudomonas* และ *Sphingomonas* นอกจากนี้ เมื่อทดลองใช้แบคทีเรีย 2 สกุลนี้ร่วมกันจะพบว่าประสิทธิภาพในการย่อยสลายพอลิเอทิลีนดีมากขึ้นอีกด้วย

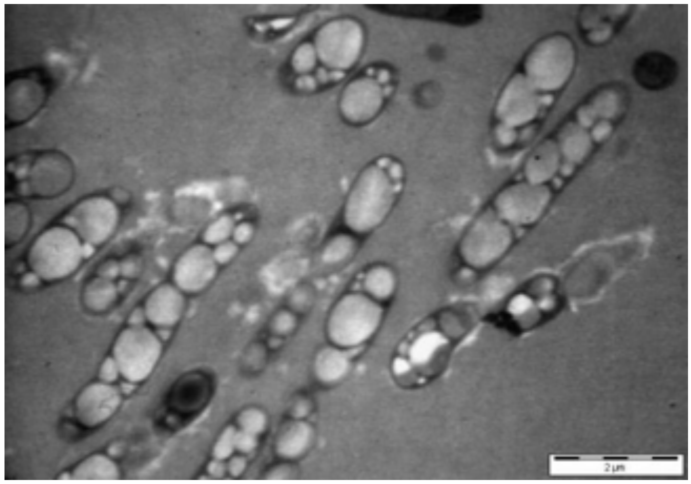
Daniel คาดหวังว่างานที่ได้จากการทำโครงงานวิทยาศาสตร์จะสามารถนำไปต่อยอดการวิจัยในระดับอุตสาหกรรม เพื่อช่วยลดปัญหามลภาวะที่เกิดจากการทิ้งขยะพลาสติกเหล่านี้ สู่สิ่งแวดล้อมได้

นอกจากแนวทางแรก ที่พยายามหาจุลินทรีย์ที่นำมาใช้ในการย่อยสลายพลาสติกดังที่กล่าวไปแล้วนั้น อีกแนวทางหนึ่งคือการผลิตพลาสติกชีวภาพ

พลาสติกชีวภาพกับจุลินทรีย์

พอลิเมอร์สังเคราะห์ที่เรียกว่า biodegradable polyester ถูกนำมาใช้ในการผลิตพลาสติกที่มีคุณสมบัติที่แตกต่างจากพลาสติกทั่ว ๆ ไป ที่ผลิตจากพอลิเอทิลีน พลาสติกที่ผลิตจากพอลิเมอร์เหล่านี้เรียกว่า พลาสติกชีวภาพชนิดที่สลายตัวได้ทางชีวภาพ (biodegradable plastic) เมื่อพลาสติกชนิดนี้ปนเปื้อนอยู่ในสิ่งแวดล้อม จะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ประจำถิ่นชนิดต่าง ๆ ที่อยู่ในสภาพแวดล้อมนั้น ๆ ได้ โดยอาศัยแหล่งอาหารและแหล่งพลังงานที่ได้จากการย่อยสลายพลาสติกชนิดนี้ แต่สิ่งที่อาจต้องคำนึงคือ สารต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายพลาสติกหรือระหว่างที่เกิดการย่อยโดยจุลินทรีย์ในธรรมชาติจะต้องไม่เป็นสารที่ก่อให้เกิดมลพิษกับสิ่งแวดล้อม และปลอดภัยต่อสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในบริเวณนั้น ๆ ด้วย

บรรจุภัณฑ์ที่ผลิตจาก biodegradable plastic



PHAs ภายในเซลล์ของ *ralstonia eutrophus*
(ที่มา: http://www.ecobiomaterial.com/galleryphp?gazpart=view&gazimage=67)

พลาสติกชีวภาพชนิดที่สลายตัวได้ทางชีวภาพ ที่ย่อยสลายได้สมบูรณ์โดยจุลินทรีย์ ผลิตได้จากพอลิเมอร์ที่เป็น aliphatic polyesters ซึ่งมีหลากหลายกลุ่ม เช่น polylactides หรือ polylactic acid (PLA) polybulyene succinate (PBS) และ polyhydroxyalkanoates (PHAs) เป็นต้น aliphatic polyesters เหล่านี้ สามารถผลิตได้จากหลายวิธีการด้วยกัน เช่น การผลิต PLA โดยใช้แป้งจากพืชมาผ่านกระบวนการเปลี่ยนเซลลูโลสในพืช ให้เป็นพอลิแซ็กคาไรด์ จากนั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงต่อไปเป็นกรดแลกติกและสุดท้ายจึงได้เป็น PLA การผลิต PBS ซึ่งได้จากการสังเคราะห์ทางปิโตรเคมีโดยใช้สารประกอบที่เป็นกรด 2 ชนิดมาทำปฏิกิริยากับสารประกอบที่เป็นแอลกอฮอล์ 2 ชนิด นอกจากนี้นักวิทยาศาสตร์ยังค้นพบว่ามีแบคทีเรียบางชนิดสามารถผลิต PHAs ได้ จึงมีแนวคิดที่จะใช้เทคโนโลยีทางชีวภาพในการผลิต PHAs จากแบคทีเรีย เพื่อนำมาใช้ทดแทนพลาสติกชนิดต่าง ๆ ที่ไม่สามารถย่อยสลายได้

PHAs ถูกสร้างเป็นแหล่งพลังงานสะสมในเซลล์ของแบคทีเรียบางชนิด การสร้าง PHAs จะเกิดขึ้นเมื่อแหล่งอาหารเช่น ไนโตรเจนหรือฟอสฟอรัสขาดแคลน ในขณะที่มีแหล่งคาร์บอนอื่น ๆ อยู่มากเกินความจำเป็น เมื่อใช้กล้องจุลทรรศน์ตรวจดูที่เซลล์ของแบคทีเรียจะเห็น PHAs เป็นแกรนูล ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.2 - 0.5 ไมโครเมตร กระจายอยู่ทั่วไปในไซโทพลาซึม

จากงานวิจัยของนักวิทยาศาสตร์พบว่า มีแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในดินประมาณ 30 % ที่สามารถผลิต PHAs ได้ แต่มีเพียงแบคทีเรียบางชนิดเท่านั้นที่ถูกนำมาใช้ในงานวิจัยเพื่อศึกษาและพัฒนาวิธีการในการเพิ่มปริมาณการสร้าง PHAs ในเซลล์ของแบคทีเรีย ตัวอย่างเช่น *Ralstonia eutrophus* เป็นแบคทีเรียที่มีการศึกษากันมาก เนื่องจากสามารถผลิต PHAs จากแหล่งคาร์บอนที่มีอยู่ทั่ว ๆ ไปได้ เช่น กลูโคส กรดแลกติก กรดแอซีติก หรือน้ำมันจากพืชชนิดต่าง ๆ หรือ *Methylobacterium* sp. ที่สามารถใช้แหล่งคาร์บอนอย่างมีเทนซึ่งมีราคาต่ำมาใช้ในการสังเคราะห์ PHAs ได้ เป็นต้น

ในช่วง 10 กว่าปีที่ผ่านมา PHAs ถูกนำมาศึกษา วิจัยและพัฒนาอย่างรวดเร็ว นักวิทยาศาสตร์หวังว่านอกเหนือจากการผลิต พลาสติกชีวภาพชนิดที่สลายตัวได้ทางชีวภาพ ที่ใช้ในอุตสาหกรรมด้านบรรจุภัณฑ์แล้ว ยังจะสามารถนำ PHAs ไปใช้ประโยชน์กับงานด้านต่าง ๆ เช่น ด้านอุตสาหกรรมอาหาร การแพทย์และเภสัชกรรม รวมทั้งเชื้อเพลิงชีวภาพอีกด้วย

บรรณานุกรม

Biodegradable plastic: เมื่อพลาสติกเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม. สืบค้นเมื่อ 20 ธันวาคม 2555, จาก http://www.vcharkarn.com/varticle/38208

Burd, Daniel. (2008). Plastic not fantastic. Retrieved December 20, 2012, from https://www.wiki.duke.edu/download/attachments/10715770/08BurdReport.pdf

Yuksel, O., Jasna, H. & Hanife, B. (2004). Biodegradation of plastic compost bags under controlled soil conditions. *Acta Chimica Slovenica., 51*, 579-588.

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. พลาสติกย่อยสลายได้: เทคโนโลยีที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน. สืบค้นเมื่อ 13 ธันวาคม 2555,จาก http://www2.mtec.or.th/th/special/biodegradable_plastic/index.html

สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (องค์การมหาชน). กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). *แผนที่นำทางแห่งชาติ การพัฒนาอุตสาหกรรมพลาสติกชีวภาพ ระยะที่ 2 (2554-2558).*

ศานิกานต์ เสนีวงศ์
นักวิชาการ สาขาวิทยาศาสตร์ประถมศึกษา สสวท. / e-mail: ssane@ipst.ac.th

เราได้อะไรมา และเสียอะไรไป จากการสร้างเขื่อน

เมื่อไม่นานมานี้ผู้เขียนได้มีโอกาสไปพักผ่อนที่อ่างเก็บน้ำเหนือเขื่อนรัชชประภา หรืออีกชื่อหนึ่งคือเขื่อนเชี่ยวหลาน จังหวัดสุราษฎร์ธานี ระหว่างการเดินทางโดยเรือเพื่อเข้าไปด้านในของอ่างเก็บน้ำ สองข้างทางมีแต่พื้นน้ำที่เวิ้งว้าง กว้างใหญ่ เห็นยอดภูเขาหินปูนเรียงราย มองเผิน ๆ แล้วทำให้รู้สึกเหมือนกำลังล่องเรืออยู่กลางทะเลที่รายล้อมไปด้วยเกาะเล็กเกาะน้อยจำนวนมาก ระหว่างการเดินทางมัคคุเทศก์ได้เล่าเรื่องราวต่าง ๆ เกี่ยวกับเขื่อนรัชชประภา แต่มีประเด็นหนึ่งที่สะดุดความสนใจของผู้เขียนคือ ใต้ผืนน้ำสีเขียวมรกตนี้มีหมู่บ้าน วัดวาอารามและโรงเรียนจมอยู่ ผู้เขียนจึงสอบถามก็ได้ความว่า ก่อนที่จะมีการสร้างเขื่อน พื้นที่บริเวณนี้เคยมีผู้คนอาศัยอยู่หลายหมู่บ้าน แต่เมื่อมีโครงการที่จะสร้างเขื่อน รัฐบาลได้เวนคืนที่ดินโดยมอบพื้นที่ทำกินใหม่ให้กับราษฎรเพื่อเป็นการทดแทนพื้นที่เดิม ทำให้ผู้คนต้องอพยพออกไป เมื่อสร้างเขื่อนเสร็จพื้นที่บริเวณเหนือเขื่อนก็จมอยู่ใต้น้ำและกว่าจะได้เขื่อนมาจะต้องเตรียมพื้นที่สำหรับเก็บน้ำ จึงต้องมีการแผ้วถางป่า อพยพผู้คนและสัตว์ป่า มีผลทำให้วิถีชีวิตของคนในชุมชนเปลี่ยนแปลงไปเมื่อได้ฟังเช่นนี้ ผู้เขียนจึงเกิดคำถามว่า การสร้างเขื่อนมีประโยชน์จริงหรือ

แต่หากมองในอีกมุมหนึ่ง การสร้างเขื่อนมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก เนื่องจากเขื่อนมักจะสร้างบริเวณหุบเขาที่มีลำน้ำไหลผ่านและสร้างขวางลำน้ำ เพื่อให้มีน้ำมาสะสมบริเวณพื้นที่เหนือเขื่อน ดินบริเวณนั้นจะถูกน้ำท่วมขัง ทำให้ดินขาดความอุดมสมบูรณ์และในการสร้างเขื่อนจะใช้พื้นที่กว้างใหญ่ ซึ่งบางพื้นที่อาจเป็นพื้นที่ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า ส่งผลให้ทรัพยากรธรรมชาติที่อยู่ในพื้นที่นั้น ๆ เสียหาย ไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ พืชพรรณที่อยู่บริเวณนั้นล้มตาย ซึ่งพืชบางชนิดอาจเป็นพันธุ์ที่หายาก พื้นที่ป่าแปรสภาพเป็นพื้นที่น้ำท่วมขัง ทำให้สัตว์ป่าบางส่วนที่หนีน้ำไม่ทันต้องจบชีวิตลง บางส่วนไม่มีที่อยู่อาศัย จนต้องมีการอพยพสัตว์ป่าออกจากพื้นที่สร้างเขื่อน ดังเช่น การอพยพสัตว์ป่าที่ตกค้างออกจากพื้นที่อ่างเก็บน้ำ ในเขื่อนรัชชประภา ในปี พ.ศ. 2529 นอกจากนี้ยังทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศแหล่งน้ำ จากระบบนิเวศแบบน้ำไหลกลายเป็นแบบน้ำนิ่ง สิ่งมีชีวิตที่อาศัยในระบบนิเวศน้ำไหลจะลดจำนวนลงและยังส่งผลต่อการอพยพของปลาหลายสายพันธุ์

แนวคิดในการสร้างเขื่อน เริ่มต้นมาจากความต้องการที่จะแก้ไขปัญหาการขาดแคลนน้ำและพลังงานที่ประชากรหลายพันล้านคนทั่วโลกประสบอยู่ ประเทศต่าง ๆ เช่น สหรัฐอเมริกา จีน ตุรกี รวมถึงประเทศไทย ต่างก็มีการสร้างเขื่อนขนาดใหญ่เพื่อเก็บกักน้ำขึ้น ในการสร้างเขื่อนที่ขวางลำน้ำขนาดใหญ่บางครั้งอาจส่งผลกระทบกับหลาย ๆ ประเทศที่ลำน้ำนั้นไหลผ่าน เช่น โครงการสร้างเขื่อนที่ลำน้ำโขง ซึ่งจะมีเนื้อที่อ่างเก็บน้ำประมาณ 806,000 ตารางกิโลเมตร และจะส่งผลต่อประเทศจีน ลาว ไทย พม่า เวียดนามและกัมพูชา

การสร้างเขื่อนนั้นสามารถช่วยแก้ปัญหาน้ำท่วมฉับพลัน โดยช่วยชะลอความเร็วของน้ำ ปัญหาภัยแล้ง ซึ่งเป็นปัญหาที่ประเทศไทยประสบอยู่เป็นประจำ โดยมีการเก็บกักน้ำไว้ในช่วงที่น้ำหลากและปล่อยน้ำเพื่อการอุปโภค บริโภค และทำการเกษตรในช่วงฤดูที่ขาดแคลนน้ำ เช่น ปริมาณน้ำที่ปล่อยจากเขื่อนรัชชประภาทำให้พื้นที่ประมาณ 100,000 ไร่บริเวณอำเภอคีรีรัฐนิคมและอำเภอพุนพินสามารถปลูกพืชได้ผลดีในฤดูแล้ง อีกทั้งยังสามารถใช้พลังงานจากน้ำในการผลิตกระแสไฟฟ้าได้เฉลี่ยปีละประมาณ 554 ล้านกิโลวัตต์ต่อชั่วโมงอีกด้วย นอกจากนี้เขื่อนบางแห่งยังใช้เป็นสถานที่ท่องเที่ยวและกิจกรรมนันทนาการต่าง ๆ

จะเห็นได้ว่าการสร้างเขื่อนมีทั้งข้อดีและข้อเสีย ดังนั้นจึงไม่ต้องแปลกใจเลยว่า ในการสร้างเขื่อนแต่ละครั้ง จึงมีกลุ่มคนที่เห็นด้วยและไม่เห็นด้วยเสมอ ดังเช่นกรณีพิพาทในการสร้างเขื่อนแก่งเสือเต้น ที่จังหวัดแพร่ แล้วผู้อ่านมีความคิดเห็นเป็นอย่างไร

บรรณานุกรม

Postel, S. & Richter, B. (2003). *Rivers for life: anaging water for people and nature*. Washington,D.C.: Island Press.

World Wildlife Fund. (2004). Rivers at risk: dams and the future of freshwater ecosystems. Retrieved January 28, 2013, from http://assets.panda.org/downloads/riversatriskfullreport.pdf.

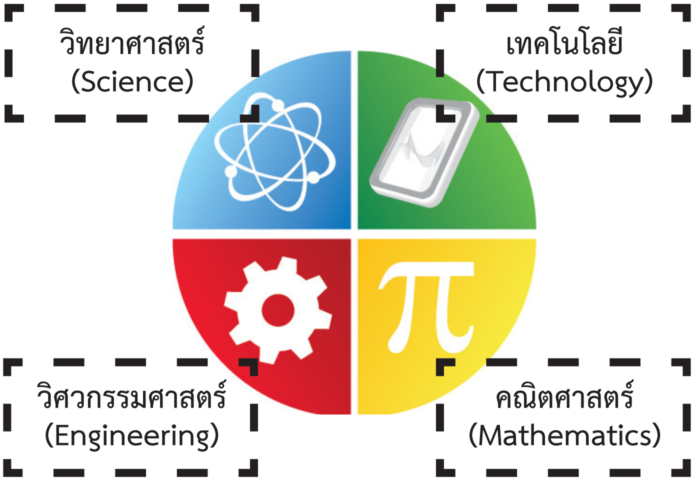
รักษพล ธนานุวงศ์
นักวิชาการ สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนต้น สสวท. / e-mail : rthan@ipst.ac.th

เรียนรู้สภาวะโลกร้อน ด้วย STEM Education แบบบูรณาการ

“เรียนวิทยาศาสตร์ไปทำไม เรียนแล้วไม่เห็นจะได้ใช้เลย สอบเสร็จไปแล้วก็ลืม” ความคิดเห็นแบบนี้หลายคนคงเคยได้ยินจากเสียงพูดคุยของผู้ที่ได้เคยผ่านการเรียนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียน แต่ความคิดเห็นทำนองนี้อาจจะต้องเปลี่ยนไป เมื่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนเป็น STEM Education แบบบูรณาการ

STEM Education แบบบูรณาการคืออะไร

ในอดีตที่ผ่านมา การเรียนวิทยาศาสตร์ (Science) คณิตศาสตร์ (Mathematics) และเทคโนโลยี (Technology) ในโรงเรียน เป็นการเรียนรู้ที่แยกออกจากกันอย่างอิสระ และจากประสบการณ์ที่ผ่านมาพบว่า การเรียนรู้ด้วยแนวทางดังกล่าวทำให้ผู้เรียนไม่เห็นว่าวิทยาศาสตร์หรือคณิตศาสตร์มีความเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เกิดความเบื่อหน่ายในการเรียนและขาดทักษะในการนำสิ่งที่ได้เรียนไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริง [1] อย่างไรก็ดี เมื่อไม่กี่ปีที่ผ่านมานี้ ได้มีกลุ่มของนักการศึกษาและนักวิชาการในประเทศสหรัฐอเมริกาพยายามผลักดันให้การเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ซึ่งเป็นวิชาที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาประเทศ ได้เป็นการเรียนรู้แบบบูรณาการมากขึ้น พร้อมทั้งให้มีการเน้นวิชาวิศวกรรมศาสตร์ (Engineering ซึ่งเป็นตัวอักษร “E” ใน STEM) ที่เคยถูกละเลยในอดีต แต่มีความสำคัญไม่ยิ่งหย่อนไปกว่ากันในการเรียนให้มากขึ้น โดยเสนอให้ใช้วิชาวิศวกรรมศาสตร์เป็นตัวประสานให้ศาสตร์ทั้งสี่เข้าด้วยกัน ซึ่งแนวทางการเรียนรู้แบบนี้ นอกจากจะพบว่าสามารถช่วยให้ผู้เรียนมีความสนใจในวิชาทั้งสี่มากยิ่งขึ้นแล้ว ยังส่งผลให้ผู้เรียนได้เกิด “การเรียนรู้ที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้น” (Deeper Learning) [2] และสามารถพัฒนาทักษะในการเรียนรู้ข้ามศาสตร์ทั้งสี่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ



ภาพที่ 1 STEM ย่อมาจาก Science (วิทยาศาสตร์) Technology (เทคโนโลยี) Engineering (วิศวกรรมศาสตร์) และ Mathematics (คณิตศาสตร์)

ดังนั้น จึงอาจกล่าวได้ว่า **แนวทาง STEM Education แบบบูรณาการ เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะช่วยแก้ปัญหาผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนไทยทางด้านการเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ที่มีแนวโน้มลดต่ำลงเรื่อย ๆ และช่วยแก้ปัญหาการขาดแคลนทรัพยากรบุคคลในด้าน STEM ที่ประเทศชาติต้องการอย่างมากในการพัฒนาเศรษฐกิจ สังคม ความมั่นคง ฯลฯ ในโลกศตวรรษที่ 21**

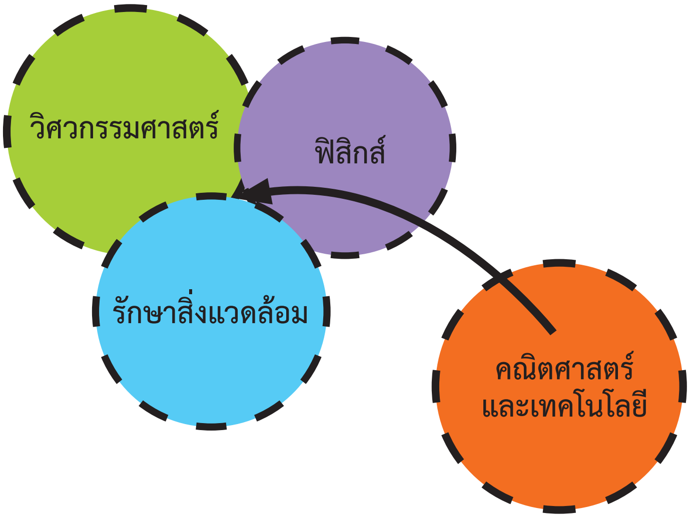
เพื่อความเข้าใจแนวทาง STEM Education แบบบูรณาการมากยิ่งขึ้น ในที่นี้ขอยกตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้ที่ถือได้ว่าเป็น Best Practice ในการบูรณาการวิชาทั้งสี่เข้าด้วยกัน ชื่อ กิจกรรม "ช่วยเหลือนกเพนกวิน" (Save the Penguins) ซึ่งเป็นกิจกรรมที่ Professor Mitchell J. Nathan [3] ผู้เชี่ยวชาญด้าน Cognitive Psychology จาก University of Wisconsin, Madison ได้นำมาจัดอบรมเชิงปฏิบัติการที่ สสวท. เมื่อเดือนมกราคม พ.ศ. 2556 ที่ผ่านมา

กิจกรรม "ช่วยเหลือนกเพนกวิน"

กิจกรรม "ช่วยเหลือนกเพนกวิน" (Save the Penguins) [4] ถูกพัฒนาขึ้นโดย Dr. Christine Schnittaka มหาวิทยาลัย Auburn ประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ STEM แบบบูรณาการที่มีบริบทเกี่ยวกับปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ทั่วโลกกำลังเผชิญอยู่ นั่นคือ "สภาวะโลกร้อน" ซึ่งนอกจากผู้เรียนจะได้เข้าใจและตระหนักถึงผลกระทบที่เกิดจากปัญหาสภาวะโลกร้อนแล้ว ยังจะได้เรียนรู้เนื้อหาทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับ "การถ่ายโอนความร้อน" (heat transfer) ที่เป็นสาระการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับตัวชี้วัดในวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น อีกด้วย

ในการทำกิจกรรม ผู้เรียนจะได้ใช้ความรู้เรื่องการถ่ายโอนความร้อนและเทคโนโลยีทางวัสดุมาเป็นพื้นฐานในการออกแบบสร้างบ้านให้กับนกเพนกวิน (ที่จะใช้ก้อนน้ำแข็งแทน) ตามกระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาที่อยู่อาศัยของนกเพนกวินหรือพื้นที่ของก้อนน้ำแข็งบริเวณขั้วโลกที่กำลังลดน้อยลงทุกที อันเนื่องมาจากอุณหภูมิของโลกที่สูงขึ้น ทั้งนี้ในขั้นตอนการวิเคราะห์ผลการทดลองจะต้องใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งหลักการทางสถิติและพีชคณิตมาช่วย อีกทั้งจะต้องมีการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปที่ผู้ทำกิจกรรมจำเป็นต้องอาศัยทักษะและความรู้ทางเทคโนโลยี เพื่อให้การทำกิจกรรมบรรลุเป้าหมาย

กิจกรรม "ช่วยเหลือนกเพนกวิน"



ภาพที่ 2 แผนภาพแสดงการบูรณาการศาสตร์ต่าง ๆ ในกิจกรรมช่วยเหลือนกเพนกวิน

การประเมินความเข้าใจเบื้องต้นของผู้เรียนก่อนทำกิจกรรม "ช่วยเหลือนกเพนกวิน"

ก่อนเริ่มต้นทำกิจกรรม "ช่วยเหลือนกเพนกวิน" ต้องมีการประเมินความรู้ความเข้าใจเบื้องต้นของผู้เรียนก่อน ซึ่งนอกจากจะเป็นประโยชน์ในการวางแผนการสอนแล้ว ยังจะสามารถช่วยกระตุ้นและสร้างความสนใจให้กับผู้เรียนเกี่ยวกับหัวข้อนั้น ๆ ได้อีกด้วย

ในกิจกรรม "ช่วยเหลือนกเพนกวิน" นี้ สาระทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้เรียนต้องทำความเข้าใจคือ เรื่อง "การถ่ายโอนความร้อน" ดังนั้นหนึ่งในวิธีการประเมินความรู้ความเข้าใจเดิมของผู้เรียนสามารถจัดทำได้ โดยให้ผู้เรียนได้ลองใช้ความเข้าใจเดิมที่ตนเองมีเกี่ยวกับการถ่ายโอนความร้อนในการทำนายสถานการณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของผู้เรียน ซึ่งในกิจกรรม "ช่วยเหลือนกเพนกวิน" นี้ มีการใช้สถานการณ์ 3 สถานการณ์ดังต่อไปนี้ (ในการอธิบายสถานการณ์ 3 สถานการณ์นี้ กำหนดให้คำว่า "ผู้เรียน" แทนคำว่า "ผู้เข้ารับการอบรม" และ คำว่า "ผู้สอน" แทนคำว่า "วิทยากร" เพื่อทำความเข้าใจกับผู้อ่านว่า การสาธิตที่ได้ปฏิบัติเป็นการสาธิตที่ใช้ในบริบทของการเรียนการสอนในห้องเรียน)

สถานการณ์ที่ 1 สมบัติการเป็นฉนวนความร้อนของวัสดุต่าง ๆ

ประสิทธิภาพของวัสดุต่าง ๆ ในการป้องกันการถ่ายโอนความร้อนนั้นแตกต่างกัน ผู้สอนสามารถประเมินความเข้าใจของผู้เรียนเรื่องการถ่ายโอนความร้อนได้ โดยการนำวัสดุที่มีอยู่ในชีวิตประจำวันมาหุ้มกระป๋องน้ำอัดลมที่ผ่านการแช่เย็นและทิ้งไว้ระยะเวลาหนึ่ง จากนั้นให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มได้ลองทำนายว่า วัสดุชนิดใดที่จะสามารถรักษาความเย็นของน้ำอัดลมในกระป๋องได้ดีที่สุด พร้อมให้คำอธิบายถึงสาเหตุว่าเพราะเหตุใดจึงเลือกวัสดุดังกล่าว

วัสดุที่นำมาหุ้มกระป๋องน้ำอัดลมในกิจกรรมตัวอย่างนี้มี 5 ชนิด ได้แก่ ถุงเท้าผ้าขนสัตว์ (wool sock) ถุงเท้าผ้าฝ้าย (cotton sock) พลาสติกห่ออาหาร (plastic wrap) อะลูมินัมฟอยล์ (aluminum foil) และกระดาษทิชชูเนกประสงค์ (paper towel) ดังแสดงในภาพที่ 3

ภาพที่ 3 การใช้วัสดุที่หาได้รอบ ๆ ตัวมาหุ้มกระป๋องน้ำอัดลมเพื่อประเมินความเข้าใจเดิมของผู้เรียนเกี่ยวกับ "การถ่ายโอนความร้อน" (ที่มา:[3])

ผู้เรียนส่วนใหญ่อาจจะตอบว่าการห่อหุ้มกระป๋องด้วย "อะลูมินัมฟอยล์" จะสามารถรักษาความเย็นของน้ำอัดลมในกระป๋องได้ดีที่สุด เพราะว่าผู้เรียนเคยเห็นวัสดุที่ใช้ห่อไอศกรีมมีลักษณะมันวาวคล้ายแผ่นอะลูมินัมฟอยล์หรือบางคนอาจจะตอบว่าแผ่นพลาสติก เพราะเคยได้ยินมาว่าพลาสติกเป็นฉนวนความร้อน การได้มาซึ่งคำตอบดังกล่าว จะทำให้ผู้เรียนพยายามคิดถึงหลักการของการถ่ายโอนความร้อน และถ้าคำตอบไม่ตรงกับผลที่สังเกตได้ จะส่งผลให้ผู้เรียนเกิด "ความไม่ลงตัวทางความคิด" (Cognitive Dissonance หรือ Cognitive Conflict) ที่ช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนอยากเรียนรู้ ทำความเข้าใจในเนื้อหาต่อไป

สถานการณ์ที่ 2 การถ่ายโอนความร้อนของช้อนโลหะและช้อนพลาสติก

ในสถานการณ์ที่ 2 นี้ ผู้สอนสามารถประเมินความเข้าใจเดิมของผู้เรียนเกี่ยวกับ "การนำความร้อน" ได้โดยให้ผู้เรียนคนใดคนหนึ่งที่เป็นตัวแทนกลุ่มใช้มือข้างหนึ่งถือช้อนโลหะ ส่วนมืออีกข้างหนึ่งถือช้อนพลาสติก จากนั้นนำน้ำแข็งสองก้อนที่มีน้ำหนักใกล้เคียงกันมาวางบนช้อนทั้งสองคัน คันละหนึ่งก้อน จัดให้ส่วนปลายช้อนอยู่เหนือภาชนะรองรับน้ำ เช่น กระดาษทิชชูอเนกประสงค์หรือแก้วพลาสติก

ภาพที่ 4 ผู้เรียนคนเดียวกันใช้มือถือช้อนโลหะและช้อนพลาสติกที่มีก้อนน้ำแข็งวางอยู่ (ที่มา:[3])

จากนั้นให้ผู้เรียนทำนายว่า "เมื่อถือช้อนทั้งสองคันไว้เป็นระยะเวลาหนึ่ง น้ำแข็งในช้อนคันใดจะละลายได้มากกว่ากัน" ผู้เรียนที่อยู่ในระดับชั้นมัธยมต้นส่วนใหญ่อาจจะตอบว่าน้ำแข็งในช้อนที่ทำจากพลาสติกจะละลายได้มากกว่า เนื่องจากผู้เรียนอาจจะคุ้นเคยกับการได้สัมผัสวัสดุที่เป็นโลหะและจะรู้สึกเย็นกว่าการได้สัมผัสวัสดุที่ทำจากพลาสติก ผู้เรียนส่วนใหญ่จึงมีความเข้าใจว่า ช้อนโลหะที่เย็นกว่าจะสามารถทำให้น้ำแข็งเย็นได้นานกว่าช้อนพลาสติกที่อุ่นกว่า ซึ่งผลการทดสอบจะเป็นอย่างไร การที่ผู้เรียนได้พยายามหาคำอธิบายหลังจากที่ได้ทราบผลการทดสอบ จะเป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนต้องการทำความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการของการถ่ายโอนความร้อนมากยิ่งขึ้น

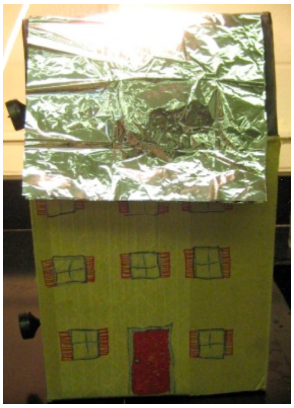
สถานการณ์ที่ 3 อากาศร้อนภายในบ้านและการแผ่รังสีความร้อน

ผู้สอนสอบถามผู้เรียนเกี่ยวกับประสบการณ์จากการที่เคยอาศัยอยู่ภายในบ้านว่า ระหว่างบริเวณชั้นบนและบริเวณชั้นล่างของบ้านของผู้เรียน บริเวณใดมีอากาศร้อนกว่ากัน โดยพยายามมุ่งเน้นไปที่ความเข้าใจของผู้เรียนที่ว่า "ความร้อนลอยจากที่ต่ำขึ้นสู่ที่สูง" (heat rises) จากนั้น ให้นำบ้านจำลองที่สร้างขึ้นมาวางให้หลอดไฟ 3 – 4 หลอด ส่องไฟไปที่หลังคาบ้านสักพักหนึ่งก่อนจะนำบ้านมากลับด้าน ให้ด้านล่างของบ้านอยู่ด้านบน แล้วให้ผู้เรียนใช้มือใส่เข้าไปในบ้านและถามว่า "บริเวณด้านบนหรือด้านล่างของบ้านมีอากาศร้อนมากกว่ากัน"

ต่อมา เพื่อประเมินความเข้าใจเดิมเกี่ยวกับ “การแผ่รังสีความร้อน” ให้ผู้สอนหุ้มหลังคาบ้านจำลองด้วยอะลูมินัมฟอยล์และใช้โคมไฟส่องไฟไปที่หลังคาบ้าน แล้วให้ผู้เรียนลองใช้มือสัมผัสบริเวณด้านหลังแผ่นอะลูมินัมฟอยล์และให้บอกว่า รู้สึกร้อนมากน้อยเพียงไร ผู้สอนพยายามเน้นไปที่ความเข้าใจของผู้เรียนเกี่ยวกับ “วัสดุที่มีลักษณะมันวาวจะดูดซับความร้อนได้ดี” จากนั้นให้เปลี่ยนวัสดุหุ้มหลังคาบ้าน จากแผ่นอะลูมินัมฟอยล์เป็นแผ่นไมลาร์ (mylar sheet) จากนั้นให้ผู้เรียนใช้มือสัมผัสบริเวณด้านหลังแผ่นไมลาร์และให้ตอบว่ารู้สึกร้อนมากน้อยเพียงไร

ให้ผู้เรียนอภิปรายเกี่ยวกับการถ่ายโอนความร้อนแบบการแผ่รังสีและการเคลื่อนของอากาศร้อนขึ้นสู่ที่สูง

[หมายเหตุ : แผ่นไมลาร์ เป็นแผ่นที่ทำจากโพลิเอสเตอร์ที่มีลักษณะมันวาวคล้ายแผ่นอะลูมินัมฟอยล์ แต่มีคุณสมบัติยืดหยุ่นที่ดีกว่า เป็นฉนวนความร้อนและฉนวนไฟฟ้าที่ดี]



ภาพที่ 5 ตัวอย่างบ้านจำลองที่ใช้ประเมินความรู้เดิมเกี่ยวกับ "การพาความร้อน" และ "การแผ่รังสี" ของผู้เรียน (ที่มา:[3])

การบรรยายให้ความรู้เรื่อง “การถ่ายโอนความร้อน”

หลังจากที่ผู้เรียนแต่ละกลุ่มได้ร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการถ่ายโอนความร้อนจากสถานการณ์ทั้ง 3 แล้ว ซึ่งอาจจะถูกหรือผิด ผู้สอนจึงได้บรรยายให้ความรู้ที่ถูกต้องหน้าชั้นเรียนเกี่ยวกับความหมายของความร้อน พลังงานความร้อน อุณหภูมิ และหลักการทางฟิสิกส์ของการนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสี เพื่อเป็นการแก้ปัญหา “ความไม่ลงตัวทางความคิด” (Cognitive Dissonance) ที่เกิดขึ้นกับตัวผู้เรียน

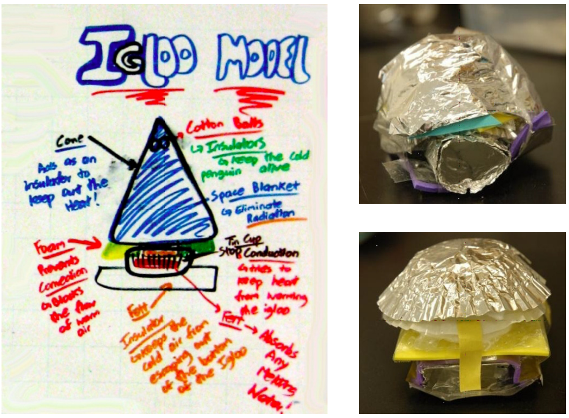
กิจกรรม “สร้างบ้านให้นกเพนกวิน”

เมื่อผู้เรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับหลักการของการถ่ายโอนความร้อนแล้ว กิจกรรมต่อไปเป็นการให้ผู้เรียนได้ใช้ความรู้ ความเข้าใจ และข้อมูลที่ได้จากการสาธิตทั้ง 3 มาเป็นพื้นฐานในการออกแบบและสร้างบ้านให้กับนกเพนกวิน ด้วยหลักการและกระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์ โดยมีจุดประสงค์หลักคือ การพยายามให้บ้านนกเพนกวินที่สร้างขึ้นมาสามารถป้องกันการถ่ายโอนความร้อนจากภายนอกมาสู่ภายในตัวบ้านให้ได้มากที่สุด ซึ่งในที่นี้จะสามารถระบุได้โดยการชั่งหามวลของก้อนน้ำแข็งที่เหลืออยู่ หลังจากเวลาผ่านไประยะหนึ่ง กลุ่มใดที่มีมวลของน้ำแข็งที่ละลายไปต่อมวลของน้ำแข็งเริ่มต้นน้อยที่สุด ด้วยราคาต้นทุนในการสร้างน้อยที่สุด กลุ่มนั้นจะเป็นกลุ่มที่ได้รับการประกาศให้เป็นผู้ชนะเลิศ

ในการสร้างบ้านให้นกเพนกวิน ให้กำหนดวัสดุ ราคาวัสดุ และงบประมาณ เพื่อเป็นการสร้างเงื่อนไขคล้ายกับสถานการณ์จริง วัสดุที่ใช้ควรเป็นวัสดุที่ได้เคยใช้ในการประเมินความรู้เดิมของผู้เรียนจากสถานการณ์ 3 สถานการณ์ข้างต้น และอาจจะมีการเพิ่มเติมวัสดุอื่น ๆ เพิ่มเติม เช่น สำลี ไม้ไอศกรีม แผ่นโฟมพลาสติกกันกระแทกสำหรับห่อของ เป็นต้น

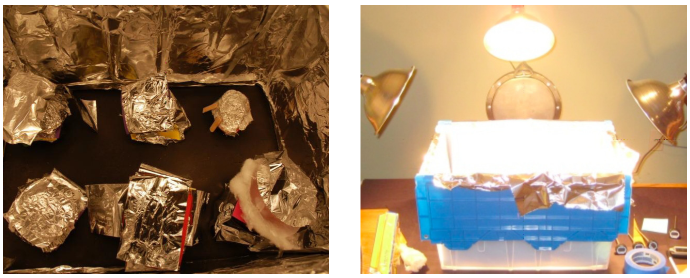
ภาพที่ 6 วัสดุสำหรับการสร้างบ้านนกเพนกวิน (ที่มา:[3])

ในกระบวนการสร้างบ้านให้นกเพนกวิน ผู้สอนปล่อยให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มได้อภิปราย ออกแบบ ประดิษฐ์อย่างอิสระ ผู้สอนเดินไปรอบ ๆ ห้องเรียนเพื่อสังเกต ให้คำแนะนำ ตอบคำถาม หรือถามคำถาม เพื่อกระตุ้นให้แต่ละกลุ่มได้พิจารณา และเมื่อแต่ละกลุ่มสร้างบ้านให้กับนกเพนกวินเรียบร้อยแล้ว ให้วาดภาพแสดงส่วนต่าง ๆ พร้อมคำอธิบายสั้น ๆ ของส่วนนั้น ๆ ของบ้านว่าใช้หลักการอะไร มีความสำคัญอย่างไร พร้อมกับตั้งชื่อให้กับบ้านนกเพนกวิน ก่อนจะนำภาพที่วาดและบ้านที่สร้างเสร็จแล้วออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน



ภาพที่ 7 ตัวอย่างโปสเตอร์ในการนำเสนอผลงานของนักเรียน (ซ้าย)
และตัวอย่างบ้านนกเพนกวินที่ถูกสร้างขึ้น (ขวา) (ที่มา:[3])

เมื่อแต่ละกลุ่มได้นำเสนอผลงานของกลุ่มเรียบร้อยแล้ว ให้นำบ้านที่สร้างเสร็จและนำก้อนน้ำแข็งที่จะใช้แทนนกเพนกวินมาชั่งด้วยตาชั่ง เพื่อหามวลเริ่มต้นบันทึกผล จากนั้นให้นำน้ำแข็งใส่เข้าไปในบ้าน ก่อนจะนำไปวางไว้ในกล่องที่ผู้สอนจัดเตรียมไว้ให้ โดยการนำไปวางต้องเป็นการปฏิบัติที่พร้อมเพรียงกันทุกกลุ่ม



ภาพที่ 8 ตัวอย่างการวางบ้านนกเพนกวินในกล่อง (ซ้าย) และ
ตัวอย่างการจัดแสงไฟให้ส่องเข้าไปในกล่องที่มีบ้านนกเพนกวินอยู่ (ขวา) (ที่มา:[3])

หลังจากเวลาผ่านไปประมาณ 20 - 30 นาที ให้แต่ละกลุ่มนำน้ำแข็งที่อยู่ในบ้านมาชั่งเพื่อหาค่ามวลที่เหลืออยู่ ผู้สอนให้ผู้เรียนได้ลองใช้หลักการทางพีชคณิตคำนวณหาค่ามวลของน้ำแข็งที่ละลายไปของแต่ละกลุ่ม จากนั้นนำไปเปรียบเทียบกับมวลเริ่มต้น เพื่อหาว่ากลุ่มใดที่สามารถสร้างบ้านนกเพนกวินที่รักษาความเย็นได้ดีที่สุดและประกาศให้กลุ่มนั้นเป็นผู้ชนะเลิศ (การเปรียบเทียบมวลน้ำแข็งที่ละลายไปกับมวลน้ำแข็งเริ่มต้นอาจให้ผู้เรียนคำนวณเป็นร้อยละ เพื่อเป็นการฝึกทักษะทางคณิตศาสตร์เพิ่มเติม)

เมื่อผลการทำกิจกรรมออกมาแล้ว สิ่งที่สำคัญที่สุดคือ การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้อภิปรายถึงสาเหตุที่บ้านนกเพนกวินของกลุ่มที่ชนะเลิศสามารถป้องกันการถ่ายโอนความร้อนจากภายนอกไปสู่ภายในตัวบ้านนกเพนกวินได้ดีที่สุด อีกทั้งให้อภิปรายถึงสาเหตุของบ้านบางกลุ่มที่ป้องกันการถ่ายโอนความร้อนได้น้อยด้วย ซึ่งในขั้นตอนนี้ผู้เรียนจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับลักษณะและวิธีการที่สามารถป้องกันการถ่ายโอนความร้อนและสมบัติการเป็นฉนวนความร้อนของวัสดุต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี อันเป็นส่วนหนึ่งของการเรียนรู้ด้านเทคโนโลยีของวัสดุ

กิจกรรม “การปรับปรุงบ้านนกเพนกวิน”

หลังจากการทราบผลแล้วว่า บ้านนกเพนกวินของกลุ่มใดชนะเลิศ กิจกรรมต่อไปคือ ให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มได้สร้างบ้านนกเพนกวินอีกหลังหนึ่ง โดยให้ใช้วัสดุและการออกแบบ แบบเดียวกับบ้านนกเพนกวินของกลุ่มที่ชนะเลิศได้สร้างไว้และเมื่อสร้างเสร็จแล้ว ให้ดำเนินการเหมือนกับขั้นตอนในการทดสอบประสิทธิภาพของบ้านก่อนหน้านี้ นั่นคือนำบ้านนกเพนกวินและก้อนน้ำแข็งไปชั่งหามวล จากนั้นนำก้อนน้ำแข็งใส่เข้าไปในบ้าน ก่อนจะนำไปวางไว้ในกล่องและรอให้เวลาผ่านไปประมาณ 20 – 30 นาที ก่อนจะนำก้อนน้ำแข็งออกมาชั่งหามวลของที่เหลืออยู่

ในการวิเคราะห์ผลการทดสอบบ้านนกเพนกวินหลังที่สอง ผู้เรียนต้องอาศัยความรู้และกระบวนการทางคณิตศาสตร์เรื่องสถิติ เพื่อคำนวณหา “ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน” (standard deviation) ของผลการทดสอบของทุกกลุ่มที่ได้ว่า มีประสิทธิภาพแตกต่างกันมากน้อยเพียงไร เพื่อนำไปสู่ข้อสรุปที่ว่า แบบอย่างของบ้านนกเพนกวินที่เป็นผู้ชนะเลิศ มีความน่าเชื่อถือ (reliability) และเหมาะที่จะนำไปใช้ดำเนินการสร้างหรือปรับปรุงพัฒนาต่อไปหรือไม่

ทั้งนี้ กิจกรรมการปรับปรุงบ้านนกเพนกวินเป็นการช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้ขั้นตอนที่สำคัญในกระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์ นั่นคือ การทดสอบว่างานออกแบบที่ได้ผลลัพธ์ที่ดีนั้น สามารถถูกนำไปปฏิบัติซ้ำโดยผู้อื่นได้หรือไม่ (repeatability) เพื่อจะนำไปสู่การสรุปว่า งานดังกล่าวเป็นงานออกแบบที่น่าเชื่อถือ หรือในคำศัพท์ทางวิศวกรรมศาสตร์จะใช้คำเรียกกระบวนการนี้ว่า “scale up” [3]

การประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนหลังการทำกิจกรรม “ช่วยเหลือนกเพนกวิน”

หลังจากการทำกิจกรรม “ช่วยเหลือนกเพนกวิน” แล้ว ผู้สอนสามารถประเมินความเข้าใจเกี่ยวกับ “การถ่ายโอนความร้อน” ของผู้เรียนได้โดยการให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบแบบปรนัย จากนั้นให้ผู้สอนเฉลยคำตอบหน้าชั้นเรียนร่วมกับผู้เรียนทั้งหมด โดยระหว่างการเฉลย ผู้สอนช่วยตอบคำถามและอธิบายแนวคิดที่ผู้เรียนไม่เข้าใจ

ในที่นี้ขอยกตัวอย่างคำถาม 2 ข้อ สำหรับการประเมินท้ายกิจกรรม

1.ในการต้มไข่ทั้งฟอง เรานำไข่ผ่านการต้มแล้วไปทำให้เย็นลงด้วยการนำไปวางไว้ในภาชนะที่ใส่น้ำที่มีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง คำอธิบายในข้อใดกล่าวถึงกระบวนการที่ทำให้ไข่เย็นลงได้ถูกต้อง

ก. อุณหภูมิถูกถ่ายโอนจากไข่ไปสู่น้ำ

ข. ความเย็นเคลื่อนที่จากน้ำไปสู่ไข่

ค. พลังงานถูกถ่ายโอนจากน้ำไปสู่ไข่

ง. พลังงานถูกถ่ายโอนจากไข่ไปสู่น้ำ

(คำตอบที่ถูกต้องคือ ข้อ ง. เพราะพลังงานความร้อนจากไข่ที่มีอุณหภูมิสูงกว่าถูกถ่ายโอนไปให้น้ำที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า)

2.เด็กหญิงเอมี่ใช้ผ้าห่มห่อหุ้มตุ๊กตาของเธอไว้ แต่เอมี่ไม่เข้าใจว่า ทำไมตุ๊กตาจึงไม่อุ่นขึ้น นักเรียนคิดว่าเป็นเพราะสาเหตุใด

ก. ผ้าห่มที่เอมี่ใช้เป็นฉนวนความร้อนที่ไม่ดี

ข. ผ้าห่มที่เอมี่ใช้เป็นตัวนำความร้อนที่ไม่ดี

ค. ตุ๊กตาของเอมี่ทำมาจากวัสดุที่ไม่สามารถดูดซับความร้อนได้ดี

ง. ไม่มีคำตอบที่ถูกต้อง

(คำตอบที่ถูกต้องคือ ข้อ ง. เพราะสาเหตุที่จริงแล้วคือ ตุ๊กตาของเอมี่ไม่มีการสร้างความร้อนขึ้นมาภายในตัวตุ๊กตา ต่างจากร่างกายของคนที่มีการสร้างความร้อนและระบายออกมาตามผิวหนัง คนที่ห่มผ้าไว้สักระยะเวลาหนึ่งจึงรู้สึกอุ่น)

จะเห็นได้ว่าการเรียนรู้ STEM แบบบูรณาการนี้ มีความคล้ายกับการเรียนรู้แบบ Project-Based หรือ Problem-Based ที่มีผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง มีการส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีการทำงานร่วมกัน ได้ใช้ความรู้เป็นพื้นฐานในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ได้มีการอภิปราย วิพากษ์วิจารณ์และนำเสนอ ในขณะที่ผู้สอนเป็นผู้สนับสนุนการเรียนรู้ ให้คำแนะนำและตรวจสอบความเข้าใจของผู้เรียน ซึ่งเป็นแนวทางการเรียนรู้ที่ได้มีการศึกษามาแล้วว่าสามารถส่งผลให้เกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ พัฒนาทักษะในการเรียนรู้ตลอดชีวิตและทักษะสำคัญของการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 [5], [6], [7] นอกจากนี้การเรียนรู้ STEM แบบบูรณาการยังส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ทำความเข้าใจเนื้อหาแกนหลักได้อย่างลึกซึ้ง มีทักษะการเรียนรู้ข้ามศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ พร้อมทั้งตระหนักและเข้าใจหลักการและกระบวนการทางวิชาวิศวกรรมศาสตร์มากยิ่งขึ้นด้วย [7]

แต่อย่างไรก็ตาม ถึงแม้การเรียนรู้ STEM แบบบูรณาการจะมีข้อดีหลายด้าน ผู้เชี่ยวชาญที่เคยมีประสบการณ์จากการนำแนวทางการเรียนรู้นี้ไปใช้ในโรงเรียนของประเทศสหรัฐอเมริกา ได้พบสิ่งที่ท้าทายหลายด้านเช่นกัน [3] ยกตัวอย่างเช่น อาจเป็นเรื่องยากสำหรับครูที่จะสามารถสอนข้ามศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ หากเนื้อหาของวิชาอื่น ๆ ครูผู้สอนไม่มีความเชี่ยวชาญ หรือไม่ว่าจะเป็นการที่ต้องปรับเปลี่ยนวิชาเรียนและคาบเรียนในตารางเรียนของภาคการศึกษาที่โรงเรียนได้กำหนดไว้ตายตัวแล้ว ทำให้ผู้บริหารโรงเรียนไม่ให้ความร่วมมือ เป็นต้น

ในบริบทการศึกษาของประเทศไทย การจะนำแนวทางการเรียนรู้ดังกล่าวมาใช้ในโรงเรียน อาจจะต้องพบกับสิ่งท้าทายในลักษณะคล้าย ๆ กันกับในกรณีของประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งอาจจะต้องอาศัยเวลาในการปรับเปลี่ยน แก้ไข พัฒนา ให้เหมาะสมกับบริบทของประเทศ และถ้าหากได้พบว่าแนวทางการเรียนรู้นี้ช่วยให้นักเรียนไทยมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาทั้งสี่ของ STEM ที่ดีขึ้น มีความสนใจในการประกอบอาชีพด้าน STEM มากขึ้น สามารถนำความรู้ทาง STEM ไปสร้างสรรค์วิธีการในการแก้ปัญหาในโลกจริงที่สลับซับซ้อนได้เป็นอย่างดี ฯลฯ โรงเรียนและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการจัดการศึกษาคงจะปฏิเสธไม่ได้ที่จะต้องรีบดำเนินการขับเคลื่อนและสนับสนุนให้การเรียนรู้ด้วยแนวทางนี้ขยายผลมากยิ่งขึ้น แล้วการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทยจะไม่เป็นเรื่องน่าเบื่อหรือเป็นการเรียนไปเพื่อสอบเพียงอย่างเดียวอีกต่อไป แต่จะเป็นเรื่องน่าสนใจ สนุก ใกล้ตัวและมีประโยชน์สำหรับนักเรียนไทยทุกคน

บรรณานุกรม

[1] President's Council of Advisors on Science and Technology. (2010). Report to the President. Prepare and Inspire: K-12 Education I Science, Technology, Engineering and Math (STEM) for America's Future.

[2] Pellegrino, James, W., & Hilton, Margaret, L. (2012). Education for Life and Work: Developing Transferable Knowledge and Skills in the 21st Century. Washington, D.C.: National Academy Press.

[3] Nathan, Mitchell, J. Save the Penguins: Integrated STEM Education Unit. (Power-Point slides) STEM Education Workshop. IPST, Bangkok January 10, 2013.

[4] Schnittka, Christine. Save the Penguins Engineering Teaching Kit: An Introduction to Thermodynamics and Heat Transfer. Teacher's Guide. Retrieved January 17, 2013 , from http://www.auburn.edu/~cgs0013/ETK/ SaveThePenguinsETK.pdf

[5] Edutopia Staff. Why is Project-Based Learning Important? Retrieved January 28, 2013, from http://www.edutopia.org/project-based-learning-guide-importance

[6] Institute for Transforming Undergraduate Education. Problem-Based Learning at University of Delaware. Why PBL? Retrieved January 28, 2013, from http://www.udel.edu/inst/why-pbl.html

[7] Intel ® Teach Program. (2007). Designing Effective Projects: Characteristics of Projects. Benefits of Project-Based Learning. Retrieved January 28, 2013, from http://download.intel.com/education/Common/ro/Resources/DEP/projectdesign/DEP_pbl_research.pdf

โอริสา สังข์กลมเกลี้ยง
นักวิชาการ สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษา สสวท. / e-mail : osang@ipst.ac.th

พลังงานทดแทน เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

ในชีวิตประจำวันของเราล้วนเกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานทั้งสิ้น ยิ่งเทคโนโลยีมีความก้าวหน้ามากเท่าใด ความจำเป็นที่ต้องใช้พลังงานก็ยิ่งมากขึ้นตามไปด้วย เช่น การใช้พลังงานไฟฟ้ากับเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ และจากปริมาณการใช้พลังงานที่เพิ่มสูงขึ้น ทำให้เราต้องแสวงหาแหล่งพลังงานอื่น ๆ ในธรรมชาติ มาช่วยทดแทนการใช้ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติและน้ำมันดิบ ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานหลักที่นำมาใช้ผลิตไฟฟ้า ที่ใช้เวลาเกิดยาวนานและมีปริมาณลดลงเรื่อย ๆ

ธรรมชาติของเรามีแหล่งพลังงานบางแหล่งที่เกิดขึ้นหมุนเวียนในธรรมชาติและเมื่อนำมาใช้ประโยชน์แล้ว กระบวนการทางธรรมชาติ สามารถสร้างแหล่งพลังงานดังกล่าวขึ้นมาทดแทนได้ในเวลาอันรวดเร็วหรือมีใช้ได้อย่างต่อเนื่อง และการนำแหล่งพลังงานเหล่านี้มาใช้ประโยชน์ จะไม่เกิดมลพิษต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม ตัวอย่างแหล่งพลังงานเหล่านี้ เช่น น้ำ ลม แสงอาทิตย์ ชีวมวล ความร้อนใต้พิภพ ปัจจุบันได้มีการนำแหล่งพลังงานเหล่านี้มาใช้ประโยชน์ทั้งในรูปของพลังงานความร้อน และการเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานไฟฟ้า เรามาทำความรู้จักพลังงานทดแทนต่าง ๆ เหล่านี้กันค่ะ

การใช้พลังงานไฟฟ้าในด้านต่าง ๆ

พลังงานน้ำ น้ำในธรรมชาติเกิดหมุนเวียนเป็นวัฏจักร ทำให้เรานำพลังงานน้ำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างต่อเนื่อง ปัจจุบันมีการผลิตไฟฟ้าในโรงไฟฟ้าพลังน้ำ โดยใช้หลักการปล่อยน้ำจากอ่างเก็บน้ำเหนือเขื่อนลงมาตามอุโมงค์ส่งน้ำไปที่กังหันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่อยู่ในระดับที่ต่ำกว่าเพื่อผลิตไฟฟ้า

พลังงานลม เป็นพลังงานที่อยู่รอบตัวเราและเกิดขึ้นหมุนเวียนในธรรมชาติ พลังงานลมสามารถทำให้วัตถุต่าง ๆ หมุนหรือเคลื่อนที่ได้ ในหลายพื้นที่จึงได้มีการติดตั้งกังหันลมร่วมกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อผลิตไฟฟ้า

กังหันลมและทุ่งกังหันลม ในโครงการชั่งหัวมัน ตามพระราชดำริ จังหวัดเพชรบุรี

กังหันลมผลิตไฟฟ้า บริเวณอ่างเก็บน้ำตอนบนของโรงไฟฟ้าลำตะคองชลภาวัฒนา จังหวัดนครราชสีมา

โรงไฟฟ้าพลังงานลมเซียชุงดาว มณฑลกวางตง ประเทศจีน

โรงไฟฟ้าพลังน้ำ เขื่อนศรีนครินทร์ จังหวัดกาญจนบุรี

พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นพลังงานที่มีมหาศาล สามารถนำมาใช้ได้อย่างต่อเนื่อง จากความก้าวหน้าของเทคโนโลยี ได้มีการพัฒนาเครื่องมือหรืออุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ในรูปของพลังงานความร้อนและในการเปลี่ยนรูปพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า

ลักษณะของเซลล์แสงอาทิตย์และการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์
ในโครงการชั่งหัวมันตามพระราชดำริ จังหวัดเพชรบุรี

พลังงานจากชีวมวล ปัจจุบันมีการนำชีวมวลซึ่งเป็นสารอินทรีย์ที่ได้จากสิ่งมีชีวิตที่ผ่านการย่อยสลายตามธรรมชาติ เช่น แกลบ ซังข้าวโพด มูลสัตว์ ขยะจากครัวเรือน มาใช้เป็นแหล่งพลังงานทั้งในรูปของเชื้อเพลิงที่ให้ความร้อนและการเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานไฟฟ้า

ซังข้าวโพด

แหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพ เป็นแหล่งพลังงานความร้อนที่ถูกกักเก็บไว้ใต้ผิวโลกและส่งผ่านพลังงานออกมาตามรอยแตกของเปลือกโลกในลักษณะของพุน้ำร้อน ปัจจุบันมีการนำพลังงานความร้อนจากพุน้ำร้อนไปใช้ผลิตไฟฟ้าและใช้ในการอบแห้งพืชผลทางการเกษตร

นอกจากนั้นยังมีการนำพลังงานนิวเคลียร์ ซึ่งเป็นพลังงานประเภทหนึ่งที่มีอยู่ในธรรมชาติมาใช้ในการผลิตไฟฟ้า ทำให้สามารถผลิตไฟฟ้าได้ปริมาณมากอย่างต่อเนื่อง และในบางประเทศได้มีการใช้ไฮโดรเจนมาเป็นเชื้อเพลิงในยานอวกาศและยานยนต์ต่าง ๆ ซึ่งต้องติดตามความก้าวหน้าของเทคโนโลยีนี้กันต่อไป

โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ดาย่าเบย์ ตั้งอยู่ที่อ่าวดาย่า เมืองเซินเจิ้น ประเทศจีน

การใช้ประโยชน์จากแหล่งพลังงานที่ไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ เหล่านี้ นอกจากจะไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของเราแล้ว ยังเป็นการช่วยลดปัญหาการขาดแคลนพลังงานในอนาคตอันใกล้ได้ แต่อย่างไรก็ตามทุกท่านก็ต้องช่วยลดการใช้พลังงานต่าง ๆ ลงด้วยเช่นกัน

บรรณานุกรม

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. กระทรวงพลังงาน. พลังงาน. สืบค้นเมื่อ 8 มกราคม 2556, จาก http://www.dede.go.th.

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. พลังงานทดแทน . สืบค้นเมื่อ 8 มกราคม 2556, จาก http://www.egat.co.th.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. กระทรวงศึกษาธิการ. (2553). *หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ พลังงานทดแทนกับการใช้ประโยชน์ ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น.* กรุงเทพฯ: องค์การค้าของคุรุสภา.

เหมือนฝัน เยาว์วิวัฒน์
นักวิชาการ สาขาคณิตศาสตร์ประถมศึกษา สสวท. / e-mail : mchai@ipst.ac.th

นักคณิตศาสตร์ใส ๆ ใส่ใจสิ่งแวดล้อม

ทุกวันนี้เราต่างก็พบว่าโลกของเราร้อนมากขึ้นทุกวัน อันเนื่องมาจากสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป ทรัพยากรธรรมชาติถูกทำลายไปมาก มีมลภาวะต่าง ๆ อยู่รอบ ๆ ตัวเรา จนทำให้เชื่อได้ว่าหากเราไม่เริ่มต้นทำอะไร เพื่อรักษาสิ่งแวดล้อมตั้งแต่วันนี้ ในอนาคตข้างหน้าโลกที่สวยงามและร่มเย็นของเรา คงจะเปลี่ยนแปลงไปจนน่าตกใจ บทความนี้ จึงขอนำเสนอแนวคิดการจัดกิจกรรมในห้องเรียน 5 กิจกรรมง่าย ๆ ที่จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนรุ่นใหม่สามารถเรียนรู้ทั้งคณิตศาสตร์และเรียนรู้วิธีการรักษาสิ่งแวดล้อมไปพร้อม ๆ กัน

1. **ใช้กระดาษไปเท่าไร** ครูจัดกิจกรรมให้นักเรียนเก็บข้อมูลปริมาณกระดาษที่นักเรียนใช้ในห้องเรียนใน 1 สัปดาห์ ลงในตาราง เช่น

วัน/เดือน/ปี	รอยขีด	ปริมาณกระดาษที่ใช้

โดยให้นักเรียนเก็บข้อมูลจริงในแต่ละวัน จำนวน 5-7 วัน เมื่อครบ 1 สัปดาห์ ให้นักเรียนแลกเปลี่ยน รวบรวมข้อมูลกับเพื่อน ๆ ช่วยกันเขียนแผนภูมิ เพื่อแสดงข้อมูลปริมาณกระดาษที่ใช้ของทั้งห้องเรียนในแต่ละวัน แล้วใช้ข้อมูลจากแผนภูมิ อภิปรายเกี่ยวกับปริมาณกระดาษที่นักเรียนใช้ไป จากนั้นร่วมกันคิดแผนการที่จะช่วยกันประหยัดกระดาษในห้องเรียนได้อย่างไร ซึ่งนั่นหมายถึงการช่วยลดปริมาณต้นไม้ที่ต้องถูกตัดไปเพื่อใช้ในการผลิตกระดาษนั่นเอง

2. **ถุงแบบไหนดีที่สุด** ครูจัดกิจกรรมให้นักเรียนอภิปรายถึงการใช้ถุงในการซื้อของในสถานที่ต่าง ๆ โดยร่วมกันอภิปรายถึงข้อดีและข้อเสียของการใช้ถุงประเภทต่าง ๆ ได้แก่ ถุงกระดาษ ถุงพลาสติก ถุงผ้าหรือถุงอื่น ๆ ที่นำกลับมาใช้ใหม่ได้ ให้นักเรียนออกมาให้ข้อมูลว่าถุงประเภทใดที่นักเรียนคิดว่าใช้ดีที่สุด โดยทำรอยขีดในตาราง

ประเภทของถุง	รอยขีด	จำนวน
ถุงกระดาษ		
ถุงพลาสติก		
ถุงผ้า		
ถุงอื่นๆ (ระบุ)		

เมื่อนักเรียนให้ข้อมูลครบทุกคนแล้ว ให้นักเรียนเลือกชนิดของแผนภูมิ แล้วเขียนแสดงข้อมูลด้วยแผนภูมิที่เหมาะสม จากนั้นให้นักเรียนอภิปรายจากผลสำรวจที่ได้มา ว่านักเรียนส่วนใหญ่คิดว่าถุงประเภทใดเหมาะสมที่จะใช้มากที่สุด เพราะเหตุใด ให้นักเรียนพูดคุยเพื่อวางแผน เพื่อที่จะประหยัดพลังงานด้วยการเลือกใช้ถุงที่ทำมาจากวัสดุที่เหมาะสม และสรุปร่วมกัน

3. **ขยะมีค่า** ครูจัดกิจกรรมโดยให้นักเรียนแลกเปลี่ยนการจัดการขยะภายในบ้านว่ามีการจัดการอย่างไรบ้าง มีการแยกขยะหรือไม่ นักเรียนรู้จักการแยกขยะหรือไม่ และพูดคุยถึงสิ่งของหรือขยะที่สามารถนำมารีไซเคิลได้ว่ามีอะไรบ้าง

ครูให้นักเรียนทดลองชั่งน้ำหนักขยะในบ้านของนักเรียน 1 วัน แล้วนำข้อมูลมาแลกเปลี่ยนในห้องเรียน และคำนวณว่าใน 1 เดือน บ้านของนักเรียนสร้างขยะปริมาณเท่าไร ถ้าหากนำขยะของนักเรียนทุกบ้านมารวมกัน จะคิดเป็นน้ำหนักเท่าไร และอภิปรายว่าเราจะช่วยลดปริมาณขยะเหล่านี้ได้อย่างไร

ครูให้นักเรียนอภิปรายวิธีการแยกขยะภายในบ้าน ภายในโรงเรียน ให้นักเรียนฝึกแยกขยะ นำขยะที่สามารถรีไซเคิลได้มาขาย โดยให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการวัดน้ำหนักขยะ โดยใช้เครื่องชั่งสปริง ให้นักเรียนค้นหาข้อมูลราคาขยะแต่ละชนิดต่อกิโลกรัม และคำนวณหาจำนวนเงินที่จะได้จากการขายขยะชนิดต่าง ๆ ที่นักเรียนรวบรวมมาได้ และทำการซื้อขายจริงกับร้านรับซื้อขยะ

4. **ร่วมกันประหยัดน้ำ** ครูจัดกิจกรรมโดยให้นักเรียนทำแบบสอบถาม เพื่อประเมินลักษณะของการใช้น้ำของนักเรียน

ตัวอย่างแบบสอบถาม

ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย / ในช่องที่ตรงกับลักษณะการใช้น้ำของนักเรียน

ลักษณะนิสัย	สม่ำเสมอ	บางครั้ง	ไม่เคย
1. อาบน้ำฝักบัวน้อยกว่า 5 นาที			
2. อาบน้ำด้วยฝักบัวไม่เกิน 3 ครั้งต่อสัปดาห์			
3. ใช้น้ำในการอาบน้ำครั้งละไม่เกิน 2 ลิตร			
4. ปิดก็อกน้ำขณะแปรงฟัน			
5. รองน้ำใส่ขันหรืออ่างล้างหน้าก่อนเพื่อใช้ล้างหน้า			
6. กดชักโครกเฉพาะเมื่อจำเป็นเท่านั้น			
7. ใช้ไม้กวาดเพื่อทำความสะอาดทางเท้าและบริเวณหน้าบ้านโดยไม่ได้ใช้น้ำ			
8. ใช้ถังน้ำรองน้ำแล้วจึงเทน้ำเพื่อล้างรถ			
9. ปิดก็อกน้ำแน่น			
10. ซักผ้าเมื่อปริมาณผ้ามีจำนวนมากเท่านั้น			
11. รองน้ำใส่กะละมังเพื่อล้างจานจำนวนมาก ๆ พร้อมกัน			
12. รอให้ฝนตกใส่ต้นไม้แทนการใช้น้ำประปารดน้ำต้นไม้			

เมื่อนักเรียนทำแบบสอบถามแล้ว ให้นักเรียนคำนวณหาคะแนนรวมของตนเอง โดยถ้านักเรียนเลือก **สม่ำเสมอ** 1 ข้อ คิดเป็น 5 คะแนน ถ้าเลือก **บางครั้ง** 1 ข้อ คิดเป็น 2 คะแนน ถ้าเลือก **ไม่เคย** 1 ข้อ คิดเป็น 0 คะแนน จากนั้นให้เทียบว่าคะแนนรวมของนักเรียนอยู่ในระดับใด มีความหมายว่าอย่างไร ดังนี้

- 41 - 60 คะแนน แสดงว่านักเรียนประหยัดน้ำได้ยอดเยี่ยมมาก
- 21 - 40 คะแนน แสดงว่านักเรียนประหยัดน้ำได้ค่อนข้างดี
- 0 - 20 คะแนน แสดงว่านักเรียนใช้น้ำค่อนข้างสิ้นเปลือง ได้เวลาเริ่มประหยัดน้ำแล้วจ้ะ

ครูและนักเรียนอภิปรายถึงวิธีการที่จะประหยัดน้ำร่วมกัน นอกจากนี้ครูอาจจัดกิจกรรมเพิ่มโดยให้ข้อมูลเพิ่มเติมว่ากิจกรรมเกี่ยวกับน้ำแต่ละอย่างใช้ปริมาณน้ำเท่าไรบ้าง เช่น อาบน้ำด้วยฝักบัวใช้น้ำ 20 ลิตรต่อนาที กดชักโครก ใช้น้ำ 16 ลิตรต่อครั้ง แปรงฟัน ใช้น้ำ 4 ลิตรต่อครั้ง แต่ถ้าปิดน้ำขณะแปรงฟัน ใช้น้ำเพียง $\frac{1}{2}$ ลิตรต่อครั้ง เป็นต้น

ให้นักเรียนคำนวณว่าใน 1 วัน นักเรียนใช้น้ำประมาณกี่ลิตร และใน 1 เดือน นักเรียนใช้น้ำประมาณกี่ลิตร จากนั้นอภิปรายร่วมกันว่านักเรียนจะสามารถลดการใช้น้ำจากกิจกรรมใดได้บ้างอย่างไร เช่น ถ้าลดระยะเวลาการเปิดน้ำล้างมือลง 2 นาที จะลดการใช้น้ำได้เท่าไร

ครูอาจแนะนำวิธีการคิดคำนวณค่าน้ำประปา แล้วเชื่อมโยงให้เห็นว่า ถ้านักเรียนประหยัดน้ำเพียงง่าย ๆ วันละเล็กน้อย ใน 1 เดือนจะช่วยประหยัดน้ำได้เท่าไร

5. **ร่วมกันประหยัดไฟ** ครูจัดกิจกรรมให้นักเรียนเรียนรู้วิธีการคำนวณค่าไฟ โดยให้นักเรียนสำรวจอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ภายในบ้านของนักเรียน เช่น หลอดไฟ ตู้เย็น เตารีด เครื่องปรับอากาศ ว่าใช้ไฟกี่วัตต์ แล้วคำนวณค่าไฟของการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ ใน 1 ชั่วโมง ให้นักเรียนเรียนรู้ว่าเครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทใดใช้ไฟเท่าไรบ้าง

จากนั้นให้นักเรียนคำนวณ เพื่อเปรียบเทียบการใช้กระแสไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าแบบประหยัดไฟกับแบบธรรมดา เช่น หลอดไฟธรรมดากับหลอดผอมประหยัดไฟเบอร์ 5 หรือตู้เย็นรุ่นเก่ากับตู้เย็นที่ประหยัดไฟเบอร์ 5 เพื่อเปรียบเทียบว่าการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ประหยัดไฟจะมีการประหยัดพลังงานไปเท่าไร หากเปลี่ยนเครื่องใช้ไฟฟ้าจะลดค่าใช้จ่ายไปเท่าไร ให้สังเกตความแตกต่าง จากนั้นอภิปรายร่วมกันถึงความสำคัญของการประหยัดพลังงานไฟฟ้า และวิธีการประหยัดไฟฟ้าที่นักเรียนสามารถเริ่มต้นทำได้ หรือชักชวนให้ผู้ปกครองร่วมกันทำได้

กิจกรรมเหล่านี้เป็นเพียงตัวอย่าง ครูผู้สอนสามารถนำแนวทางการจัดกิจกรรมดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับบริบท เนื้อหาของชั้นเรียนของตน โดยเชื่อมโยงให้นักเรียนได้เห็นความสำคัญของการรักษาสิ่งแวดล้อม การช่วยกันประหยัดพลังงาน ซึ่งเป็นสิ่งใกล้ตัวที่นักเรียนทำได้ง่าย ๆ ด้วยตนเอง นักเรียนจะสามารถซึมซับ เรียนรู้ผ่านกิจกรรมเหล่านี้ พร้อมกับได้พัฒนาทักษะทางคณิตศาสตร์ในด้านต่าง ๆ อีกด้วย

บรรณานุกรม

Aluminum Cans. Retrieved January 28, 2013, from http://illuminations.nctm.org/LessonDetail.aspx?ID=L208

Northwest Territories Literacy Council. Retrieved January 25, 2013, from http://www.nwt.literacy.ca/

รศ. ดร. ปรีชา เนาว์เย็นผล
ผู้เชี่ยวชาญ สาขาคณิตศาสตร์มัธยมศึกษา สสวท.

แบบรูปรอบตัว

สิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัว หลายอย่างมีความเชื่อมโยงกับคณิตศาสตร์ ใช้เป็นแหล่งเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้อย่างเป็นรูปธรรม บางอย่างก็สามารถนำคณิตศาสตร์มาอธิบายให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น ในบทความนี้ จะกล่าวถึงการสังเกตการวิเคราะห์แบบรูปของจำนวนจากสิ่งรอบตัว เพื่อนำไปใช้สร้างกฎเกณฑ์โดยใช้การให้เหตุผลแบบอุปนัย และนำกฎเกณฑ์ที่สร้างขึ้นนั้นไปใช้

1. จำนวนเต็มสิบ

ที่ร้านขายไข่ จะเห็นไข่จำนวนมาก ๆ วางเรียงไว้อย่างเป็นระเบียบในแผง เช่น เรียงเป็นแถว ๆ แถวละ 6 ฟอง จำนวน 5 แถว รวมเป็นไข่ทั้งหมดแผงละ $5 \times 6 = 30$ ฟอง แต่ว่าลูกค้าทั่ว ๆ ไป ไม่สะดวกที่จะซื้อทีละมาก ๆ มักนิยมซื้อแต่พอทำอาหารใน 1–2 วัน หมดแล้วก็มาซื้อใหม่ เพื่อจะได้ไข่ที่สดกว่าการซื้อไปเก็บไว้ แม่ค้าจึงแบ่งขายเป็นถุง ถุงละ 10 ฟอง การบรรจุไข่ 10 ฟองลงในถุงของแม่ค้าที่ตลาดใกล้ทุ่งศรีเมือง จังหวัดอุดรธานี มีแบบรูปที่น่าสนใจ ดังรูป

แม่ค้าวางไข่ 6 ฟอง เรียงเป็นรูปสามเหลี่ยมไว้ก้นถุง ชั้นที่สองวางไข่ 3 ฟอง ลงบนส่วนเว้าของไข่ชั้นล่าง และวางไข่อีก 1 ฟอง บนชั้นบนสุด รวมเป็นไข่ $6 + 3 + 1 = 10$ ฟอง พอดี การวางเรียงสิ่งของเป็นชั้น ๆ ให้มีจำนวนเต็มสิบพอดี พบได้ในหลายที่ การกองสิ่งของให้มีจำนวนเป็นจำนวนเต็มสิบทำให้ง่ายในการนับเพื่อการซื้อขาย เช่น ที่ตลาดพืชผลการเกษตรใกล้สถานีรถไฟตรัง แม่ค้ากองผลมะพร้าวปอกเปลือกไว้เป็นจำนวนเต็มสิบให้ลูกค้าเลือกซื้อได้ตามต้องการ ดังภาพ ลองหาจำนวนผลมะพร้าวในแต่ละกอง

ผลมะพร้าวในแต่ละกองวางเรียงเป็น 4 ชั้น ถ้าเริ่มนับจากชั้นล่างสุด ขึ้นมาทีละชั้น กองด้านซ้ายมือมีจำนวน $(4\times4) + (3\times3) + (2\times2) + (1\times1) = 16 + 9 + 4 + 1 = 30$ ผล กองด้านขวามือมีจำนวน $(4\times5) + (3\times4) + (2\times3) + (1\times2) = 20 + 12 + 6 + 2 = 40$ ผล ในการกองผลมะพร้าวให้มีจำนวนเป็น 30 ผล หรือ 40 ผล ตามต้องการ แม่ค้าอาจนับผลมะพร้าวในชั้นล่างเพียงชั้นเดียวเท่านั้น สำหรับชั้นบนขึ้นไปสามารถวางผลมะพร้าวลงบนตำแหน่งหลุมระหว่างผลมะพร้าว 4 ผล ที่อยู่ข้างล่าง วางให้เต็มในแต่ละชั้นจนถึงชั้นบนสุด ดังตัวอย่างแผนภาพแสดงการกองผลมะพร้าวให้มีจำนวน 30 ผล

ปัญหา ลองคิดต่อไปว่าเราสามารถกองผลมะพร้าวลดหลั่นกันเป็นชั้น ๆ ให้มีจำนวนเป็นจำนวนเต็มสิบอื่น ๆ เช่น 20 ผล 50 ผล 60 ผล ได้อย่างไร

2. จำนวนนับ 1 ถึง n

การวางสิ่งของไว้อย่างเป็นระเบียบ มีแบบแผน เราสามารถสร้างกฎเกณฑ์ เพื่อใช้ในการนับได้ เช่น กองมะม่วงน้ำดอกไม้ที่ตลาดน้ำวัดดอนหวาย จังหวัดนครปฐม วางลดหลั่นกันมีจำนวน 1, 2, 3, ..., 8 ผล

ให้ $S = 1 + 2 + 3 + ... + 8$

และ $S = 8 + 7 + 6 + ... + 1$

จะได้ $2S = (1 + 8) \times 8$

$S = \frac{(1+8)\times 8}{2} = 36$ ผล

กล่าวคือ $1 + 2 + 3 + ... + 8 = \frac{(1+8)\times 8}{2}$

แนวคิดนี้สามารถขยายไปสู่การหาผลบวกของจำนวนนับ

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

สามารถนำไปใช้หาผลบวกของจำนวนนับที่เรียงติดต่อกันตั้งแต่ 1 เช่น ผลบวกของจำนวนนับ

$$1 + 2 + 3 + ... + 100 = \frac{(1+100)\times 100}{2} = 5,050$$

ปัญหา ที่ศูนย์วิทยพัฒนา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช นครศรีธรรมราช พนักงานวางถ้วยเครื่องดื่มซ้อนกันไว้สวยงามดังภาพ ถ้วยเครื่องดื่มกองนี้มีจำนวนเพียงพอสำหรับผู้เข้าประชุม 180 คน หรือไม่

ถ้วยเครื่องดื่มแบ่งตามลักษณะการวางได้ 3 ส่วน ส่วนบนสุดมี 4 ชั้น มีจำนวน 1+2+3+4 = 10 ถ้วย

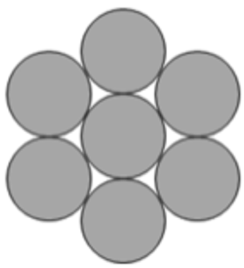
ส่วนที่ 2 อยู่ชั้นที่ 5 มี 1 ชั้น มีจำนวนถ้วย $2\times 4 = 8$ ถ้วย

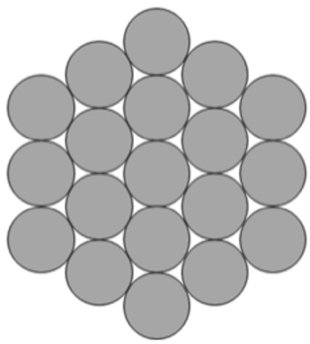
ส่วนที่ 3 นับตั้งแต่ชั้นที่ 6 ลงไป มีจำนวน 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 แถว แถวละ 5 ถ้วย มีจำนวนถ้วย $(2+3+4+5+6+7+8)\times 5 = 175$ ถ้วย

ดังนั้น มีจำนวนถ้วยทั้งหมด 10 + 8 + 175 = 193 ถ้วย เพียงพอสำหรับผู้เข้าประชุม 180 คน

3. จำนวนหกเหลี่ยม

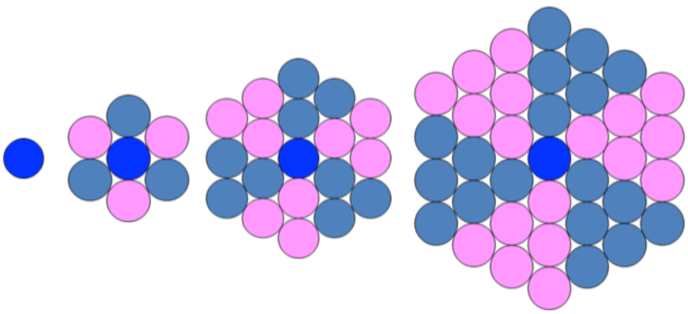
เมื่อเราวางส้มขนาดใกล้เคียงกันลงในจานให้ส้มผลหนึ่งอยู่ตรงกลาง เราสามารถวางส้มอีก 6 ผล ล้อมรอบส้มผลแรกได้พอดี รวมเป็นส้ม 7 ผล จะเห็นว่าผลส้มเรียงตัวกันเป็นรูปหกเหลี่ยม และเมื่อวางผลส้มล้อมรอบอีก $6\times 2 = 12$ ผล รวมเป็นส้ม 19 ผล ยิ่งเห็นการเรียงตัวกันของผลส้มเป็นรูปหกเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่าที่ชัดเจนขึ้น





นักคณิตศาสตร์ในอดีตเรียกจำนวนนับที่สามารถแสดงด้วยการวางสิ่งของที่มีขนาดเท่า ๆ กัน เรียงต่อกันเป็นรูปหกเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า ว่า **จำนวนหกเหลี่ยม** (hexagonal number) จำนวน 1 ก็จัดว่าเป็นจำนวนหกเหลี่ยมด้วย จำนวนหกเหลี่ยมอื่น ๆ ที่สังเกตได้จากแบบรูปของจำนวน เช่น 2+**3**+2 = 7, 3+4+**5**+4+3 = 19, 4+5+6+**7**+6+5+4 = 37, 5+6+7+8+**9**+8+7+6+5 = 61 มีข้อสังเกตว่าจำนวนที่อยู่ในตำแหน่งตรงกลางเป็นจำนวนคี่

การสังเกตแบบรูปของจำนวนหกเหลี่ยมวิธีอื่น ๆ เช่น



1 1+6 1+6(1+2) 1+6(1+2+3)

แบบรูปนำไปสู่รูปทั่วไปของจำนวนหกเหลี่ยม คือ 1+6[1+2+3+ ...+(n-1)]

เนื่องจาก $1+2+3+...+(n-1) = \dfrac{(1+n-1)(n-1)}{2} = \dfrac{n(n-1)}{2}$

ดังนั้น **รูปทั่วไปของจำนวนหกเหลี่ยม** คือ $1 + 3n(n-1) = \mathbf{3n^2-3n+1}$ เมื่อ n เป็นจำนวนหกเหลี่ยมจำนวนที่ n

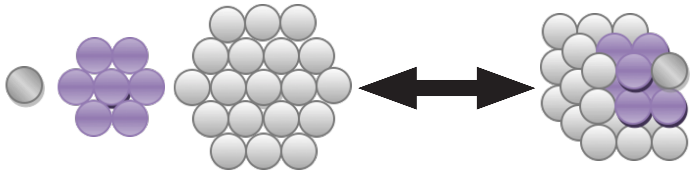
เช่น จำนวนหกเหลี่ยมจำนวนที่ 5 คือ

$3(5^2) - 3(5) + 1 = 61$

พิจารณาผลบวกของจำนวนหกเหลี่ยมตั้งแต่จำนวนแรกถึงจำนวนที่ n ได้แก่ 1, 7, 19, ..., $3n^2-3n+1$

$1 = 1^3$, $1+7 = 8 = 2^3$, $1+7+19 = 27 = 3^3$, $1+7+19+37 = 64 = 4^3$, $1+7+19+37+61 = 125 = 5^3$

ผลบวกของจำนวนหกเหลี่ยม n จำนวนแรก เท่ากับ n^3 เป็น**จำนวนกำลังสาม** (cube number) กล่าวคือ ถ้าเรานำลูกบอลมาวางเรียงกันเป็นรูปหกเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่าตั้งแต่ 1 ถึงจำนวนหกเหลี่ยมจำนวนหนึ่ง จะสามารถนำลูกบอลทั้งหมดนั้นมาวางซ้อนกันเป็นรูปลูกบาศก์ได้ และในทางกลับกันก็เป็นจริง



ตัวอย่าง $1+7+19 = 3^3$

ปัญหา ในการจัดประชุมครูคณิตศาสตร์ครั้งหนึ่งที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี พนักงานจัดเตรียมเครื่องดื่มพร้อมอาหารว่าง จัดเตรียมไว้บนโต๊ะ โต๊ะละจำนวนเท่า ๆ กัน ดังภาพ

1) ให้หาว่าบนโต๊ะตัวหนึ่งมีอาหารว่างกี่ชุด

2) ให้หาจำนวนอาหารว่าง เมื่อพนักงานตั้งโต๊ะไว้ 3 ตัว 6 ตัว และ 9 ตัว ตามลำดับ

คำตอบ

1) จานใส่อาหารว่างวางเรียงต่อกันเป็นรูปหกเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า มีจำนวน 4+5+6+7+6+5+4 = 37 จาน ซึ่งอาจหาโดยใช้รูปทั่วไปของจำนวนหกเหลี่ยม $3n^2-3n+1$ เมื่อ n = 4

2) จำนวนอาหารว่างบนโต๊ะ 3 ตัว เท่ากับ 37x3 = 111 จาน

จำนวนอาหารว่างบนโต๊ะ 6 ตัว เท่ากับ 37x(3x2) = (37x3)x2 = 111x2 = 222 จาน

จำนวนอาหารว่างบนโต๊ะ 9 ตัว เท่ากับ 37x(3x3) = (37x3)x3 = 111x3 = 333 จาน

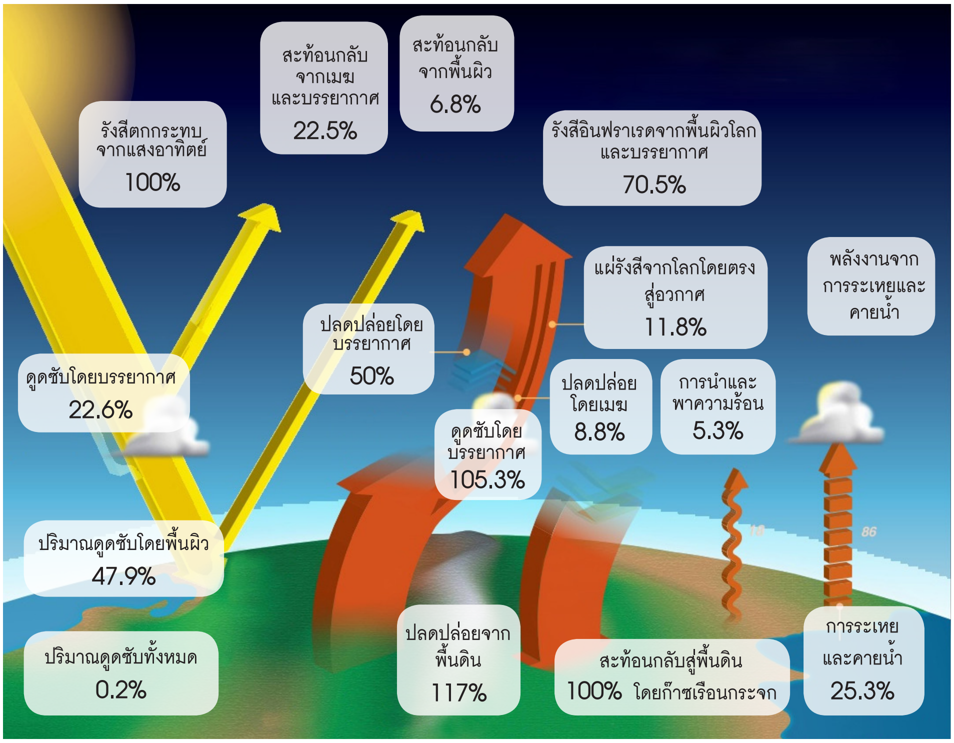
เป็นการหาคำตอบโดยใช้สมบัติการเปลี่ยนกลุ่มของการคูณ

การเชื่อมโยงเนื้อหาสาระของคณิตศาสตร์กับสิ่งรอบตัว ทำให้เนื้อหานั้นมีความหมายชัดเจนยิ่งขึ้น และในขณะเดียวกันก็เป็นการช่วยเพิ่มคุณค่าของสิ่งต่าง ๆ นั้น ในฐานะที่เป็นสื่อการเรียนรู้ เรามักมีโอกาสสัมผัสกับสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัว มากกว่าการสัมผัสกับเนื้อหาคณิตศาสตร์โดยตรง การได้ทราบว่าสิ่งต่าง ๆ นั้นมีความเชื่อมโยงกับคณิตศาสตร์อย่างไร เมื่อได้พบเห็นก็ย่อมทำให้เกิดระลึกถึงคณิตศาสตร์ และอาจเป็นแรงบันดาลใจให้เกิดการศึกษาต่อไปอย่างลุ่มลึกและกว้างขวางยิ่งขึ้นทำให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ที่มีประโยชน์มีคุณค่า

ดร. อุมาพร จารุสมบัติ
นักวิชาการ สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมโลก สสวท. / e-mail : uchar@ipst.ac.th

ภาวะโลกร้อนเกิดขึ้นจริงหรือ (Is Global Warming Real ?)

ในปัจจุบันการเกิดมหาอุทกภัย เช่น พายุ สึนามิ น้ำท่วม แผ่นดินไหว หรือภาวะแห้งแล้ง ทุกคนต่างกล่าวหาว่ามีสาเหตุมาจากภาวะโลกร้อน (Global Warming) ซึ่งเกิดจากการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ ไอน้ำ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน ไนตรัสออกไซด์ สารฮาร์โลคาร์บอน เช่น สารซีเอฟซี (คลอโรฟลูออโรคาร์บอน)และโอโซน ซึ่งเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล แก๊สธรรมชาติ เพื่อใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า ในชีวิตประจำวัน การเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกอาจก่อเกิดความไม่สมดุลของพลังงานของโลก ดังภาพที่ 1 และอาจเป็นสาเหตุให้เกิดภาวะโลกร้อน รัฐบาลในประเทศต่าง ๆ มากกว่า 129 ประเทศ รวมถึงประเทศไทย ได้เซ็นสัญญาซึ่งเรียกว่า Kyoto Protocol เพื่อร่วมมือกันในการประหยัดการใช้พลังงานและลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกสู่บรรยากาศ



ภาพที่ 1 แสดงแผนภาพสมดุลพลังงานของโลก
(ที่มา: http://www.nasa.gov/ 2554)

Kyoto Protocol เป็นสนธิสัญญาเพื่อให้ประเทศที่มีการพัฒนาด้านอุตสาหกรรม ร่วมกันลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากกระบวนการผลิต และการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล โดยใช้เทคโนโลยีสะอาด (Clean Development Mechanism: CDM) การแลกเปลี่ยนการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ (International Emissions Trading) และการนำไปใช้ปฏิบัติร่วมกัน (Joint Implementation: JI) ตามภาพที่ 2

ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับ Greenhouse Effect

บรรยากาศของโลกนั้น ประกอบด้วยก๊าซหลายชนิด ก๊าซที่เป็นองค์ประกอบหลัก ได้แก่ ออกซิเจน (21%) และไนโตรเจน (78%) ซึ่งก๊าซเหล่านี้ มิใช่ก๊าซเรือนกระจก ปรากฏการณ์เรือนกระจกซึ่งเกิดจากก๊าซเรือนกระจกหลัก ได้แก่ ไอน้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน และไนตรัสออกไซด์ ซึ่งมีองค์ประกอบเพียงส่วนน้อยในก๊าซเหล่านี้ ซึ่งก๊าซเหล่านี้ ดูดกลืน (absorb) รังสีอินฟราเรดหรือพลังงานความร้อนที่ปลดปล่อยจากพื้นโลกสู่บรรยากาศ และปลดปล่อยโดยการแผ่รังสีกลับสู่พื้นโลก (back radiation) เป็นสาเหตุหนึ่งที่อาจทำให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้น

ภาพที่ 1 แสดงแผนภาพสมดุลพลังงานของโลก

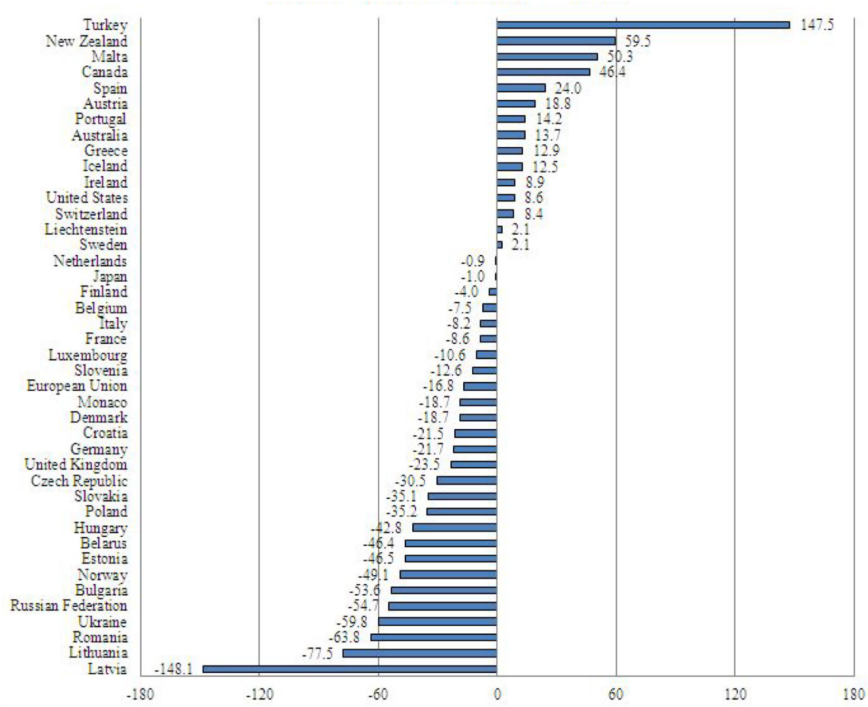
รังสี (พลังงาน) จากดวงอาทิตย์ ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ได้แก่ อัลตราไวโอเลต (UV) แสงสว่าง (visible light) และรังสีอินฟราเรด (พลังงานความร้อน) เมื่อรังสีดวงอาทิตย์ที่แผ่มายังโลกในสภาพช่วงคลื่นสั้น (ลูกศรสีเหลือง) ตกกระทบกับชั้นบรรยากาศ เมฆ ละอองลอย และพื้นผิวโลก จะสะท้อนกลับออกไปสู่อวกาศ คิดเป็นปริมาณพลังงานรวม 29.8 % โดยเฉพาะพื้นที่ที่มีความสว่าง เช่น บริเวณขั้วโลกที่ปกคลุมไปด้วยธารน้ำแข็ง เปอร์เซ็นต์ในการสะท้อนกลับนี้ เรียกว่า albedo ส่วนที่เหลือจะถูกดูดกลืนไว้โดยชั้นบรรยากาศ และเมฆ 22.6 % พื้นแผ่นดินและมหาสมุทร 47.9 % รวมเป็น 70.5 %

จากนั้น พื้นแผ่นดิน และมหาสมุทรคายพลังงานที่ดูดกลืนไว้ในสภาพรังสีความร้อน (สภาพคลื่นยาว) จากพื้นโลก 117 % ส่วนหนึ่งของพลังงานความร้อนแผ่รังสีกลับสู่อวกาศโดยตรง 11.8 % ส่วนพลังงานความร้อนที่เหลือ 58.8 % ถูกปลดปล่อย (emitted) จากชั้นบรรยากาศและเมฆ พลังงานความร้อนถูกปลดปล่อยสู่อวกาศ โดยการแผ่รังสี รวมทั้งหมด 70 %

โดยเฉลี่ยในระยะยาว ปริมาณพลังงานที่โลกแผ่รังสีกลับออกไปสู่อวกาศจะเท่า ๆ กับปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่พื้นแผ่นดิน มหาสมุทร และชั้นบรรยากาศของโลกดูดกลืนไว้ ทำให้เกิดความสมดุลของพลังงานในระบบโลก ดังจะเห็นได้จากพลังงานจากดวงอาทิตย์ที่โลกได้รับเข้ามา 100 % จะสะท้อนกลับไปสู่อวกาศทันที 30 % ที่เหลือจะถูกดูดกลืนไว้โดยชั้นบรรยากาศและพื้นผิวโลกแล้วปล่อยกลับไปสู่อวกาศอีกครั้ง โดยการแผ่รังสี คิดเป็น 70 % รวมพลังงานทั้งสองส่วนเป็น 100 % หน่วยของพลังงานดังกล่าววัดเป็น วัตต์ต่อตารางเมตร (watts per square meter หรือ W/m^2)

การสมดุลพลังงานอีกทางหนึ่ง คือ การแผ่รังสีจากชั้นบรรยากาศ (back radiation) กลับสู่พื้นผิวโลก 100 % ซึ่งเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า ปรากฏการณ์เรือนกระจก โดยสาเหตุหลักเกิดจาก ไอน้ำในบรรยากาศ ก๊าซเรือนกระจก เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน และก๊าซส่วนน้อยอื่น ๆ มีส่วนช่วยให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกเพิ่มสูงขึ้น

นอกจากนั้นบริเวณพื้นผิวโลก กระบวนการถ่ายเทความร้อนยังเกิดจากกระบวนการนำและพาความร้อน (conduction and convection) 5.3 % และการระเหยของน้ำจากพืช (evapotranspiration)



ภาพที่ 2 แสดงปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละประเทศ ระหว่างปี 1990-2010 โดยรวมการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและพื้นที่ป่าไม้ (LULUCF)
(ที่มา: http://www.ipcc.ch/)

บทความนี้ ให้ข้อมูลในอีกมุมมองหนึ่งของภาวะโลกร้อน ที่นักวิทยาศาสตร์บางท่านไม่เห็นด้วยกับการเกิดภาวะโลกร้อนจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิง และกิจกรรมอื่น ๆ ที่มนุษย์ทำขึ้น ประเด็นต่าง ๆ ที่จะกล่าวถึงนี้ ปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์มีความคิดเห็นไม่ตรงกัน และยังเป็นข้อถกเถียงกันอยู่ นักเรียนลองอ่านประเด็นต่าง ๆ ที่นำเสนอในบทความนี้ และเขียนสรุปความคิดเห็นของตนเองลงในใบกิจกรรมที่กำหนดให้

ประเด็นที่ 1 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีอยู่ในบรรยากาศเท่าไร และมีปริมาณเพิ่มขึ้นมากเท่าไร ถึงก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อภูมิอากาศอย่างมีนัยสำคัญ

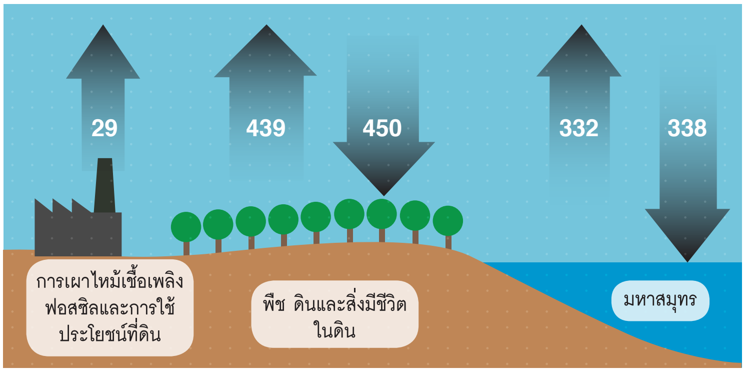
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศมีปริมาณเป็นส่วนน้อย เมื่อเทียบกับก๊าซออกซิเจนและก๊าซไนโตรเจน

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่มีการตรวจวัดในบรรยากาศ โดยเฉลี่ยแล้วคิดเป็น 0.039 % ของปริมาณก๊าซในบรรยากาศ

ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ของโลก (1 ส่วนในล้านส่วน) /ระยะเวลา	คาร์บอนไดออกไซด์ (carbon dioxide)	มีเทน (methane)	ไนตรัสออกไซด์ (nitrous oxides)
ความเข้มข้นก่อนปฏิวัติอุตสาหกรรม	280	0.7	0.3
ความเข้มข้น	397	1.8	0.3

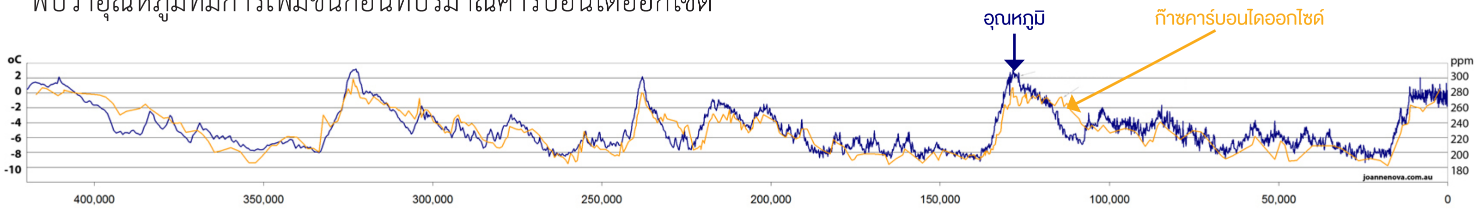
(ที่มา: http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/)

และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างปริมาณคาร์บอนที่ปลดปล่อยจากกิจกรรมมนุษย์ โดยการเผาไหม้เชื้อเพลิง และการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน คิดเป็นเพียงร้อยละ 3 (29 กิกะตัน) ของคาร์บอนที่ปลดปล่อยสู่บรรยากาศจากพื้นดินและสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ และมหาสมุทรอีกทั้งพื้นดิน และมหาสมุทร มีประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น ก่อให้เกิดการปรับความสมดุลของโลกทั้งระบบ ซึ่งทางแบบจำลองคณิตศาสตร์ไม่สามารถทำนายได้ ตามภาพที่ 3



ภาพที่ 3 วัฏจักรคาร์บอนของโลก (กิกะตัน)
(ที่มา: IPCC AR4)

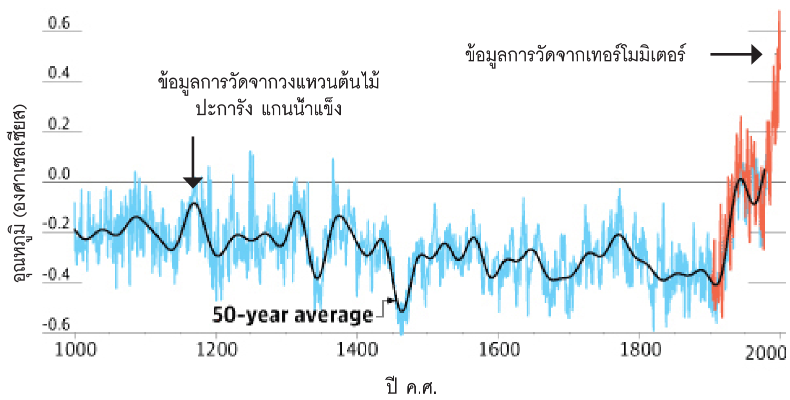
การเพิ่มขึ้นและลดลงของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการเกิดภาวะโลกร้อนหรือช่วงอบอุ่น สลับกับช่วงยุคน้ำแข็งนั้น เกิดขึ้นมานานตามข้อมูลการสะสมของคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำแข็งที่ Vostok ณ ประเทศกรีนแลนด์ เมื่อ 800,000 ปีก่อน ปี ค.ศ. 1950 จาก Carbon Dioxide Analysis Center (http://cdiac.ornl.gov/trends/co2/ice_core_co2.html) ดังภาพที่ 4 เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิของโลกที่เพิ่มสูงขึ้นในแต่ละช่วงเวลาพบว่าอุณหภูมิที่มีการเพิ่มขึ้นก่อนที่ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น จึงมีข้อถกเถียงว่า เมื่ออุณหภูมิของโลกสูงขึ้น ก่อให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากมหาสมุทร หรือพื้นดินออกสู่บรรยากาศมากขึ้น Caillon et al 2003 และ Mudelsee 2001 วิเคราะห์ข้อมูลที่ Vostok และพบว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นหลังจากอุณหภูมิเพิ่มขึ้นประมาณ 600-1000 ปี ซึ่งถือเป็นปรากฏการณ์ย้อนกลับ (feedback) และปรากฏการณ์การเพิ่มขึ้น (amplification)



ภาพที่ 4 กราฟแสดงปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์และอุณหภูมิของโลกจากข้อมูลน้ำแข็งจาก Vostok Ice Cores เมื่อ 420,000 ปี
(ที่มา: http://joannenova.com.au/global-warming-2/ice-core-graph/)

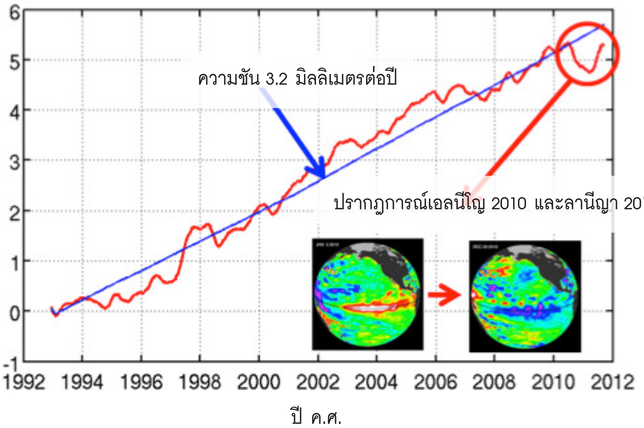
ประเด็นที่ 2 อุณหภูมิในบรรยากาศเพิ่มขึ้นจริงหรือไม่ และก่อให้เกิดระดับน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้นจริงหรือไม่

ในปี 2007 คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel On Climate Change: IPCC) ของสหประชาชาติ ได้สรุปไว้ในรายงานประเมินผลครั้งที่ 4 ว่าตั้งแต่กลางคริสต์ศตวรรษที่ 20 (ประมาณตั้งแต่ พ.ศ. 2490) ว่าเกิดจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการกระทำหรือกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ เช่น การเผาผลาญเชื้อเพลิงฟอสซิล ได้แก่ ถ่านหิน ไม้ฟืน และแก๊สธรรมชาติ เพื่อใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า และใช้ในชีวิตประจำวัน จากกราฟในรายงานประเมินผลครั้งที่ 4 เมื่อปี 1998 โดยศาสตราจารย์ Mann Bradley และ Hughes ทำนายการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ 0.6 องศาเซลเซียส ในปี 2012 เรียกว่า hockey stick graph ซึ่งมีชื่อเสียงมากในหนังเรื่อง Inconvenient Truth ของรองประธานาธิบดี Al Gore ในปี 2010 มีนักวิทยาศาสตร์หลายท่าน ได้แก่ Steve McIntyre, Richard Muller และ Anthony Watts ออกมาโต้เถียงว่าการทำนายของโมเดลที่ก่อให้เกิด hockey stick graph นั้นผิด เนื่องจากได้มีการลบเปลี่ยนและตัดข้อมูลที่จำเป็นทิ้งไป ทำให้เกิดกราฟ hockey stick ขึ้น ดังภาพที่ 5 และในแบบจำลองของโมเดลยังมิได้รวมถึงปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่ก่อให้เกิดการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิต่าง ๆ เช่น ปรากฏการณ์เอลนีโญ และลานีญา และการระเบิดของภูเขาไฟ อิทธิพลของดวงอาทิตย์ และผลสะท้อนกลับของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งมีความสลับซับซ้อนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของโลก สามารถอ่านรายละเอียดเพิ่มเติมการสร้างกราฟ hockey stick ได้ที่ (http://climateaudit.org/2013/03/02/mikes-agu-trick/#more-17336)



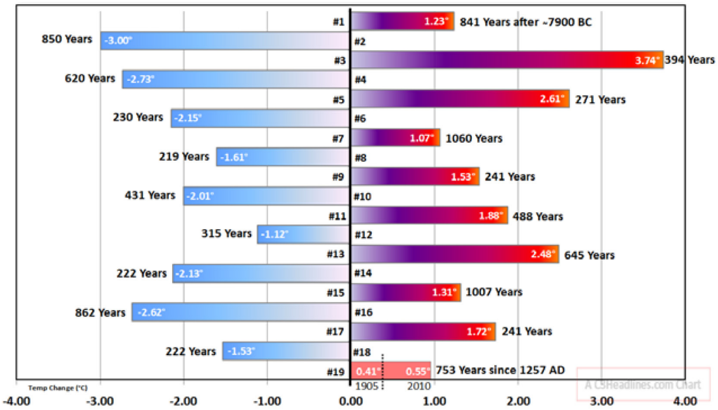
ภาพที่ 5 hockey stick graph
การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)
ของโลกทางด้านซีกโลกเหนือ
ปี 1961-1990
(ที่มา: Nature 1998)

จากการวิจัยล่าสุดพบว่าการติดตั้งและตรวจวัดอุณหภูมิสถานีวัดอากาศมีความไม่ถูกต้องและไม่เป็นมาตรฐานเดียวกันในสหรัฐอเมริกา และต่างประเทศ (Fall et al., 2011 and Watts et al., 2012) และตามการตรวจวัดขององค์การนาซา (NASA) ระดับน้ำทะเลได้ลดลงในปี 2010-2011 ประมาณ 5 มิลลิมิเตอร์ ดังภาพที่ 6

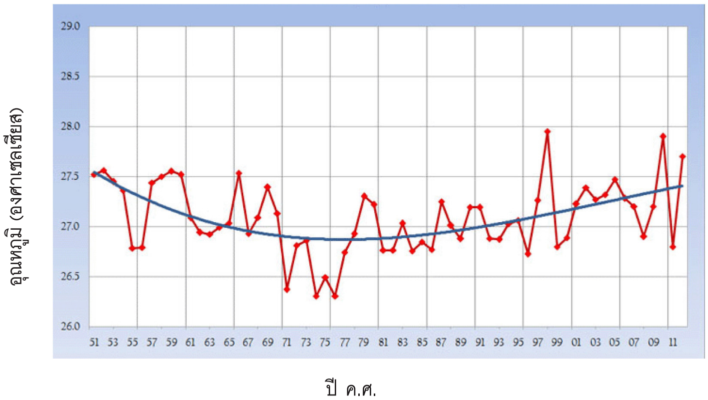


ภาพที่ 6 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลของโลก ลดลงเมื่อปี 2010
(ที่มา: http://www.nasa.gov)

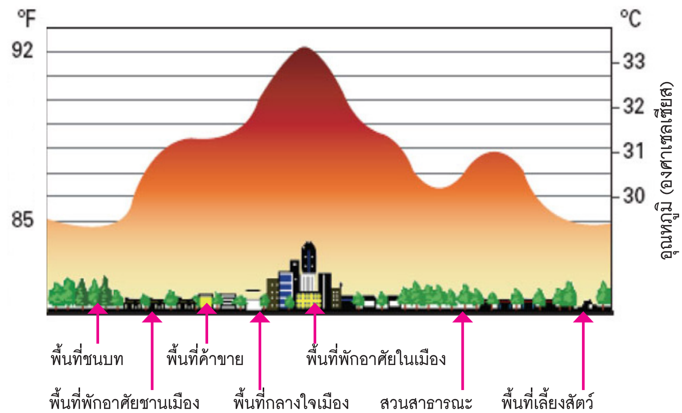
นอกจากนั้นแล้วตามประวัติศาสตร์พบว่าอุณหภูมิของโลกมีการเปลี่ยนแปลงมาหลายร้อยพันปีแล้ว จากภาพที่ 7 แสดงการเพิ่มอุณหภูมิของโลกเพิ่มขึ้นถึง 3.74 องศาเซลเซียส เมื่อ 394 ปีที่แล้ว และอุณหภูมิของโลกลดลงถึง 3 องศาเซลเซียส เมื่อ 850 ปีที่แล้ว อย่างในประเทศไทยจากข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยาอุณหภูมิเฉลี่ยของประเทศในปี 2011 เท่ากับ 27.2 องศาเซลเซียส ซึ่งต่ำกว่าในปี 1950 ซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ย 27.5 องศาเซลเซียส ดังภาพที่ 8 อย่างไรก็ตามในบางบริเวณอุณหภูมิของพื้นที่มีการเพิ่มขึ้นจริงตัวอย่างเช่น บริเวณในเมืองซึ่งเกิดปรากฏการณ์ urban heat island effect ซึ่งเกิดการสะท้อนของความร้อนกับพื้นผิวซีเมนต์ออกกลับสู่บรรยากาศก่อให้เกิดการสะสมความร้อนในบรรยากาศเพิ่มขึ้น บริเวณในเมืองมากกว่าบริเวณรอบข้าง โดยปกติแล้วเมืองที่มีประชากรมากกว่า 1 ล้านคน จะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นกว่าบริเวณรอบข้างประมาณ 1-2 องศาเซลเซียส (US EPA) ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 7 แสดงการเพิ่มและการลดลงอุณหภูมิของโลกจากแกนน้ำแข็งประเทศกรีนแลนด์
(ที่มา: http://www.noaa.gov)



ภาพที่ 8 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของประเทศไทยตั้งแต่ปี 1951-2011 (องศาเซลเซียส)
(ที่มา: http:www.tmd.go.th)



ภาพที่ 9 ปรากฏการณ์ heat island effect
(ที่มา: http://www.southwesturbanhydrology.com/urbanization-concerns/urban-heat-island-effect/)

อย่างไรก็ตามเหตุผลข้างต้นนั้นเป็นมุมมองหนึ่งของนักวิทยาศาสตร์ที่มีความขัดแย้งในเรื่องของภาวะโลกร้อน การหาเหตุผลมาสนับสนุน การคิดวิเคราะห์และโต้แย้งสิ่งที่ได้เรียนรู้นั้น ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นอย่างมากสำหรับนักวิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่างดาวพลูโตที่นักวิทยาศาสตร์ได้ค้นพบใหม่ว่า มิใช่ดวงดาวอีกต่อไป แต่เป็นเพียงแค่กลุ่มก๊าซเท่านั้น ปัญหาภาวะโลกร้อน และการนำพลังงานทดแทนมาใช้นั้น เป็นธุรกิจและผลประโยชน์มหาศาลต่อนักการเมือง รวมถึงนักธุรกิจ การได้ประโยชน์และเสียประโยชน์ต่อนโยบายและสนธิสัญญาต่าง ๆ ดังนั้นกิจกรรมในช่วงสุดท้ายนี้ให้นักเรียนลองหาจุดยืนและความเชื่อของตนเองและบันทึกลงในใบกิจกรรมที่กำหนดให้

ใบกิจกรรม

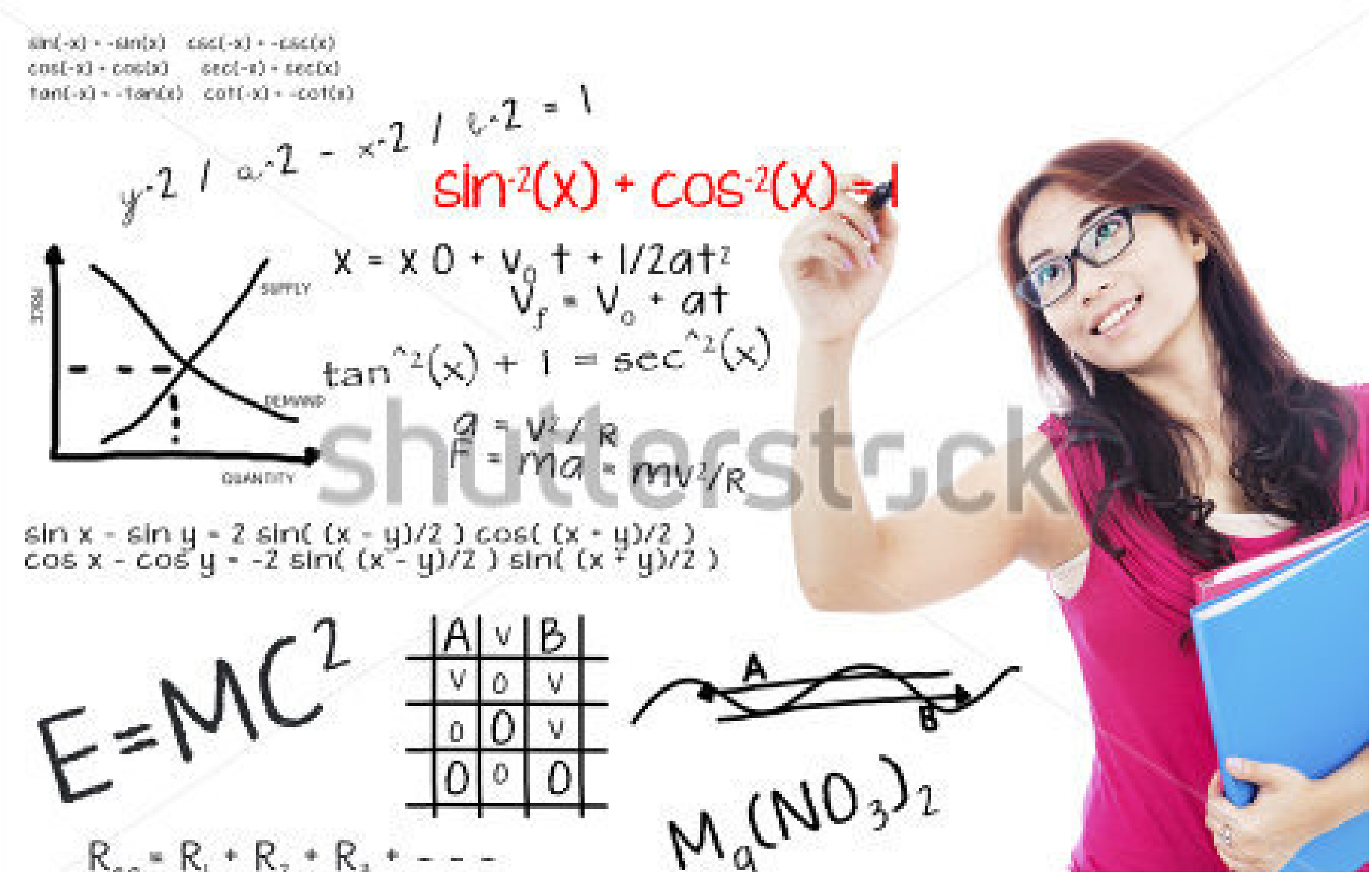
ชื่อ ________________ นามสกุล ________________ อายุ _____

ให้พิจารณาว่าข้อความต่อไปนี้เป็น "จริง" หรือ "เท็จ" และให้เหตุผล

ข้อความ	จริงหรือเท็จ	เหตุผล
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซเรือนกระจกที่มีอิทธิพลมากที่สุดในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน จริงหรือไม่		
ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนได-ออกไซด์เพิ่มขึ้นจากการตรวจวัดมาหลายช่วงศตวรรษที่ผ่านมา		
จากข้อมูลระยะยาวปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สะสมในน้ำแข็ง ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีปริมาณเพิ่มขึ้นในปัจจุบันมากกว่าเมื่อแปดแสนปีที่แล้ว		
ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีปริมาณเพิ่มขึ้นจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลและอุณหภูมิของโลกเพิ่มสูงขึ้นจากเมื่อ 50 ปีที่แล้ว หรือนานกว่านั้น		
ปัจจุบันการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ทำนายการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของโลกจากปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่านั้น		
นักวิทยาศาสตร์มีความเห็นเดียวกันว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นสาเหตุทำให้เกิดภาวะโลกร้อน		
กิจกรรมของมนุษย์ เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิง เป็นสาเหตุหลักทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (global warming)		
เพื่อป้องกันการเกิดภาวะโลกร้อน พวกเราต้องช่วยกันลดภาวะโลกร้อน		

รศ. ดร. สมพร สูตินันท์โอภาส
ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง / e-mail : sompornss@ru.ac.th

คณิตศาสตร์กับการสื่อสารอย่างปลอดภัย



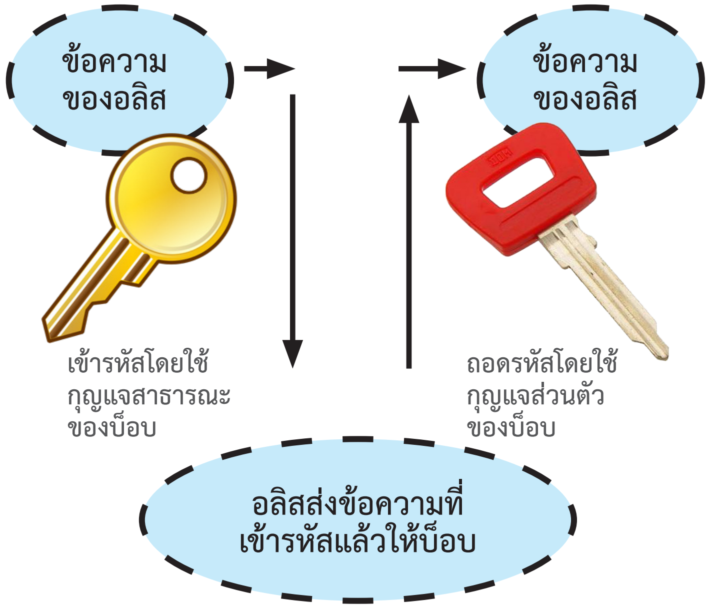
สาเหตุหนึ่งที่ทำให้นักเรียนจำนวนมากไม่ชอบวิชาคณิตศาสตร์ เป็นเพราะว่านักเรียนไม่ได้รับการกระตุ้นเพียงพอที่จะทำให้อยากเรียนคณิตศาสตร์ ครูมุ่งแต่สอนเนื้อหา ไม่มีเวลาพอที่จะชี้ให้เห็นถึงประโยชน์ของคณิตศาสตร์ ครูที่สอนคณิตศาสตร์ส่วนใหญ่มักจะได้ยินคำถามจากนักเรียนเสมอว่า “ทำไมต้องเรียนคณิตศาสตร์” หรือ “คณิตศาสตร์มีประโยชน์อย่างไร” และคำตอบที่เรามักได้ยินจนชินหู คือ “คณิตศาสตร์มีประโยชน์ต่อชีวิตประจำวัน” พร้อมทั้งยกตัวอย่างเช่น เราต้องใช้

คณิตศาสตร์ เมื่อเราไปตลาด ไปธนาคาร ไปเล่นกีฬา การเช่าซื้อรถหรือบ้าน หรือ แม้กระทั่งการทำอาหาร ล้วนต้องใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ทั้งสิ้น ซึ่งเป็นประโยชน์ที่เป็นประจักษ์ของทุกคนอยู่แล้ว แต่นั่นเป็นเพียงประโยชน์ของคณิตศาสตร์พื้นฐานเท่านั้น คนส่วนใหญ่ยังมองไม่เห็นประโยชน์ของคณิตศาสตร์ระดับสูง ยกเว้นคนที่เลือกศึกษาต่อในระดับมหาวิทยาลัย โดยเฉพาะคนที่เลือกเรียนแพทย์ เรียนฟิสิกส์ คณิตศาสตร์ หรือ เศรษฐศาสตร์ เป็นต้น หารู้ไม่ว่าทุกคนได้สัมผัสกับคณิตศาสตร์ระดับสูงเป็นประจำโดยไม่รู้ตัว ถึงแม้นักเรียนจะไม่ชอบคณิตศาสตร์ หารู้ไม่ว่าเขาต้องใช้คณิตศาสตร์ขั้นสูงเป็นประจำ โดยเฉพาะเวลาไปกดเงินที่ตู้เอทีเอ็ม การใช้บัตรเครดิต หรือแม้กระทั่งการท่องเน็ต

ปัจจุบันครูที่ดีต้องเป็นครูที่ชอบเรียนไม่ใช่ชอบสอนอย่างเดียว ครูที่ชอบสะสมบทประยุกต์ของคณิตศาสตร์ จะได้เปรียบครูอื่น ๆ ครูที่สอนให้เด็กรู้ถึงประโยชน์ของคณิตศาสตร์จะทำให้นักเรียนชอบคณิตศาสตร์มากขึ้น

ในยุคของเทคโนโลยี เป็นยุคที่โลกเราติดต่อเชื่อมโยงถึงกัน เป็นยุคที่คนส่วนใหญ่นิยมใช้บัตรเครดิต ต้องปกป้องและซ่อนข้อมูลลับของตัวเองจากผู้อื่น คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญมากควบคู่ไปกับพัฒนาการทางคอมพิวเตอร์และการสื่อสาร ลองนึกภาพการสื่อสารระหว่างธนาคารกับลูกค้าที่ต้องการเบิกเงินจากตู้เอทีเอ็ม ธนาคารจะรู้ได้อย่างไรว่า คนที่มากดเงินจากตู้เอทีเอ็มคือคนที่ได้รับอนุญาตจากธนาคาร ลูกค้าจะต้องใส่รหัสผ่านที่ธนาคารกำหนดให้ ลูกค้าจะมั่นใจได้อย่างไรว่า ระหว่างส่งรหัสผ่านให้ธนาคารจะไม่มีใครแอบดูดข้อมูลระหว่างที่ข้อมูลเดินทางจากตู้เอทีเอ็มไปยังธนาคาร จึงจำเป็นต้องมีระบบรักษาความปลอดภัย ต้องมีระบบการเข้ารหัสและถอดรหัสเพื่อป้องกันไม่ให้มีใครแอบดูดข้อมูลระหว่างทางได้ หรือถ้าดูดข้อมูลไปได้ ก็ไม่สามารถถอดรหัสข้อมูลที่ส่งได้ วิทยาการรหัสลับ (cryptography) เป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับการเข้ารหัสและถอดรหัส ไม่ให้ผู้ไม่หวังดีที่ดักขโมยข้อมูลหรือรหัสผ่านล่วงรู้ถึงข้อความหรือรหัสผ่านที่แท้จริงนั้นได้

สมมุติว่ามีคนสองคนชื่ออลิส (Alice) และบ็อบ (Bob) ซึ่งอยู่ห่างไกลกัน แต่ต้องการสื่อสารส่งข้อความลับถึงกัน ผ่านระบบสื่อสารสาธารณะ วิธีหนึ่งคืออลิสเขียนข้อความที่เป็นความลับนั้น เก็บใส่กล่อง ล็อกกุญแจ แล้วส่งไปให้บ็อบ ปัญหาคือบ็อบจะอ่านข้อความลับนั้นได้อย่างไร แสดงว่าอลิสต้องส่งลูกกุญแจตามไปด้วย ซึ่งย่อมไม่ปลอดภัย เพราะถ้ามีคนแอบขโมยลูกกุญแจไปได้ ก็สามารถจะไขกุญแจแล้วอ่านข้อความที่เป็นความลับได้



อลิส และบ็อบตกลงกันใหม่ว่า จะใช้ระบบสื่อสารที่ผู้รับและผู้ส่ง ถือกุญแจคนละชุด (แม่กุญแจและลูกกุญแจ) สมมุติว่าอลิสต้องการส่งข้อความลับให้บ็อบ อลิสขอให้บ็อบส่งกล่องเปล่าไปให้พร้อมทั้งแม่กุญแจที่ยังไม่กดล็อก โดยบ็อบเก็บลูกกุญแจไว้เอง เมื่ออลิสได้รับกล่อง อลิสใส่ข้อความลงในกล่อง กดล็อกกุญแจ แล้วส่งกลับไปให้บ็อบ บ็อบใช้ลูกกุญแจที่ตัวเองมีอยู่ปลดล็อก บ็อบก็สามารถอ่านข้อความได้ ในทำนองเดียวกัน ถ้าบ็อบต้องการตอบความลับกลับให้อลิส บ็อบจะต้องขอให้อลิสส่งกล่องเปล่า พร้อมแม่กุญแจของอลิสที่ยังไม่ปิดล็อกมาให้ บ็อบใส่ข้อความลงในกล่อง ปิดล็อก แล้วส่งกลับไปให้อลิส ระบบนี้ถือว่ามีความปลอดภัย เพราะไม่ต้องส่งลูกกุญแจให้กัน แต่ไม่สะดวก ถ้ามีคนจำนวนมากต้องการสื่อสารกัน ระบบที่สะดวกและปลอดภัยคือระบบที่แต่ละคนในระบบ ถือลูกกุญแจคนละสองดอก ดอกหนึ่งใช้สำหรับเข้ารหัส สามารถเปิดเผยให้สาธารณะรู้ได้ เรียกว่ากุญแจสาธารณะ (public key) ส่วนอีกดอกหนึ่งใช้สำหรับถอดรหัส ซึ่งต้องเก็บเป็นความลับ เรียกว่ากุญแจส่วนตัว (private key) ถ้าอลิสต้องการส่งข้อความให้บ็อบ อลิสจะต้องใช้กุญแจสาธารณะของบ็อบในการเข้ารหัสข้อความ แล้วส่งข้อความที่เข้ารหัสด้วยกุญแจสาธารณะของบ็อบไปให้บ็อบ บ็อบเป็นคนเดียวที่จะใช้กุญแจส่วนตัวของตนถอดรหัส และอ่านข้อความได้ โดยปกติกุญแจสาธารณะและกุญแจส่วนตัวจะสัมพันธ์กันในเชิงคณิตศาสตร์ ระบบที่จัดว่าเป็นระบบที่ปลอดภัยมาก ๆ ระบบหนึ่ง คือระบบที่อาศัยความยากของการหาจำนวน

เฉพาะสองจำนวนที่เป็นตัวประกอบของจำนวนเต็มจำนวนหนึ่งที่เลือก ในการสร้างและทำความเข้าใจระบบดังกล่าว จะต้องมีความรู้ทางคณิตศาสตร์ต่อไปนี้

พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ที่ต้องใช้

คณิตศาสตร์ที่ต้องใช้ในการทำความเข้าใจเรื่องการเข้าและถอดรหัสลับที่จะกล่าวในที่นี้ ได้แก่ การหาตัวหารร่วมมากของจำนวนเต็มบวกสองจำนวน ความรู้เรื่องออยเลอร์ฟีฟังก์ชัน และความรู้เรื่องจำนวนเต็ม มอดุโล n พร้อมทั้งทฤษฎีบทที่เกี่ยวข้องบางทฤษฎี

ขั้นตอนวิธียุคลิด (Euclidean Algorithm) ถ้า x และ y เป็นจำนวนเต็มบวกสองจำนวนที่ไม่ใช่ 0 พร้อมกันแล้ว เราจะแทนตัวหารร่วมมากของ x และ y ด้วย gcd (x, y) เราอาจหาตัวหารร่วมมาก โดยใช้วิธีแยกตัวประกอบเหมือนที่เคยเรียนในระดับมัธยมก็ได้ เช่น การหาตัวหารร่วมมาก ของ 420 และ 90 เราแยกตัวประกอบของ 420 และ 90 ดังนี้

$$420 = 2^2 \times 3 \times 5 \times 7 \quad \text{และ}$$
$$90 = 2 \times 3^2 \times 5$$

ดังนั้น ตัวหารร่วมมากของ 420 และ 90 คือ 2×3×5 = 30 กล่าวคือ gcd (90, 420) = 30 นอกเหนือจากวิธีการแยกตัวประกอบแล้ว ขั้นตอนวิธียุคลิดเป็นกระบวนการสำหรับหาตัวหารร่วมมากของจำนวนสองจำนวนที่ใช้ความรู้พื้นฐานเรื่องการหารยาว ในการหารยาวเราจะได้ผลหารและเศษ ใช้วิธีหารยาวซ้ำกันไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะได้เศษเป็นศูนย์ ดังนี้

$x = q_1 y + r_1$	หาร x	ด้วย y	ได้ผลลัพธ์ q_1	และเศษ r_1
$y = q_2 r_1 + r_2$	หาร y	ด้วย r_1	ได้ผลลัพธ์ q_2	และเศษ r_2
$r_1 = q_3 r_2 + r_3$	หาร r_1	ด้วย r_2	ได้ผลลัพธ์ q_3	และเศษ r_3
$\vdots$				
$r_{t-2} = q_t r_{t-1} + r_t$	หาร r_{t-2}	ด้วย r_{t-1}	ได้ผลลัพธ์ q_t	และเศษ r_t
$r_{t-1} = q_{t+1} r_t$	หาร r_{t-1}	ด้วย r_t	ได้ผลลัพธ์ q_{t+1}	และเศษเป็นศูนย์

ในแต่ละขั้นตอน เราหารตัวหารในขั้นตอนก่อนหน้านั้นด้วยเศษ ซึ่งจะทำให้เศษมีค่าเล็กลงตามลำดับ ในที่สุดต้องมีค่าเป็นศูนย์ กล่าวคือ $y > r_1 > r_2 > r_3 > \ldots \geq 0$ ถ้า r_t เป็นเศษตัวสุดท้ายที่ไม่ใช่ศูนย์แล้ว gcd (x, y) = r_t เรียกขั้นตอนการหาตัวหารร่วมมาก โดยวิธีนี้ว่า ขั้นตอนวิธียุคลิด

ตัวอย่าง 1 จงหา gcd (420, 90)

(1) $420 = 4 \cdot 90 + 60$ หาร x = 420 ด้วย y = 90 ได้ผลลัพธ์ $q_1 = 4$ และเศษ $r_1 = 60$

(2) $90 = 1 \cdot 60 + 30$ หาร y = 90 ด้วย $r_1 = 60$ ได้ผลลัพธ์ $q_2 = 1$ และเศษ $r_2 = 30$

(3) $60 = 2 \cdot 30$ หาร $r_1 = 60$ ด้วย $r_2 = 30$ ได้ผลลัพธ์ $q_3 = 2$ และเศษ $r_3 = 0$

แสดงว่า gcd (420, 90) = 30 = r_2 ซึ่งเป็นเศษตัวสุดท้ายที่ไม่ใช่ศูนย์ ซึ่งตรงกับค่าที่หาได้ด้วยวิธีแยกตัวประกอบ

จากขั้นตอน (2) ข้างบนนี้ ถ้าเราเขียน 30 ใหม่ แล้วแทนค่าย้อนกลับขึ้นไปเรื่อยจะได้

$$\begin{aligned} 30 &= 90 - 1 \cdot 60 \\ &= 90 - 1 \cdot (420 - 4 \cdot 90) \\ &= 90 - 1 \cdot 420 + 4 \cdot 90 \\ &= (90 + 4 \cdot 90) - 1 \cdot 420 \\ &= (1 + 4) \cdot 90 - 1 \cdot 420 \\ &= 5 \cdot 90 - 1 \cdot 420 \end{aligned}$$

เราได้ $30 = 5 \cdot 90 - 1 \cdot 420$

ในกรณีทั่วไป ถ้า gcd (x, y) = d แล้ว เราสามารถเขียน d ในรูป ax + by = d โดยที่ a และ b คือจำนวนเต็มบางจำนวน เรียก d ที่เขียนในรูปแบบนี้ว่า รูปการรวมเชิงเส้นของ x และ y ในตัวอย่าง 1 จะเห็นว่า gcd (420, 90) = 30 และ $30 = 5 \cdot 90 - 1 \cdot 420$ ในที่นี้ a = 5 และ b = –1 ในกรณีเฉพาะ ถ้า gcd (x, y) = 1 แล้วเราย่อมหา a และ b ซึ่งทำให้ ax + by = 1 ได้เสมอ

ตัวอย่าง 2 จงหา gcd (192, 7)

(1) $192 = 27 \cdot 7 + 3$ หาร x = 192 ด้วย y = 7 ได้ผลลัพธ์ $q_1 = 27$ และเศษ $r_1 = 3$

(2) $7 = 2 \cdot 3 + 1$ หาร y = 7 ด้วย $r_1 = 3$ ได้ผลลัพธ์ $q_2 = 2$ และเศษ $r_2 = 1$

(3) $3 = 3 \cdot 1$ หาร $r_1 = 3$ ด้วย $r_2 = 1$ ได้ผลลัพธ์ $q_3 = 3$ และเศษ $r_3 = 0$

แสดงว่า gcd (192, 7) = 1 = r_2 ซึ่งเป็นเศษตัวสุดท้ายที่ไม่ใช่ศูนย์

จากขั้นตอน (2) ถ้าเราเขียน 1 ใหม่ แล้วแทนค่าย้อนกลับขึ้นไปเรื่อย ๆ จะได้

$$\begin{aligned}1 &= 7 - 2\cdot 3\\ &= 7 - 2(192 - 27\cdot 7)\\ &= 7 - 2\cdot 192 + 54\cdot 7\\ &= (7 + 54\cdot 7) - 2\cdot 192\\ &= (1 + 54)\cdot 7 - 2\cdot 192\\ &= 55\cdot 7 - 2\cdot 192\end{aligned}$$

จะเห็นว่า เราสามารถเขียน 1 ในรูปการรวมเชิงเส้นของ 192 และ 7 ได้คือ $1 = 55\cdot 7 - 2\cdot 192$

ออยเลอร์ฟีฟังก์ชัน (Euler ϕ-function)

สำหรับจำนวนเต็ม $n > 1$ ให้ $\phi(n)$ แทนจำนวนสมาชิกในเซต $\{1, 2, ..., n - 1\}$ ที่เป็นจำนวนเฉพาะสัมพัทธ์กับ n กล่าวคือเป็นจำนวนของจำนวนเต็ม a ซึ่ง $1 \le a \le n$ และ gcd (a, n) = 1 เช่น ถ้า n = 8 พิจารณาเซต {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7} จะพบว่า

gcd (1, 8) = gcd (3, 8) = gcd (5, 8) = gcd (7, 8) = 1

นั่นคือมี a เท่ากับ 1, 3, 5, และ 7 เพียง 4 จำนวนเท่านั้นที่เป็นจำนวนเฉพาะสัมพัทธ์กับ 8 ดังนั้น $\phi(8) = 4$ เห็นได้ชัดว่า ถ้า p เป็นจำนวนเฉพาะแล้ว $\phi(p) = p - 1$ เช่น $\phi(11) = 10$ เพราะจำนวนเต็มทุกจำนวนในเซต {1, 2, ..., 10} เป็นจำนวนเฉพาะสัมพัทธ์กับ 11 เรียก $\phi(n)$ ว่า ออยเลอร์ฟีฟังก์ชัน ทฤษฎีบทที่สำคัญคือ ถ้า p และ q เป็นจำนวนเฉพาะแล้ว $\phi(pq) = (p - 1)(q - 1)$ เช่น ถ้า p = 13 และ q = 17 แล้ว $\phi(pq) = 12\cdot 16 = 192$ เป็นต้น

จำนวนเต็มมอดุโล n

ให้ a, b และ n เป็นจำนวนเต็มซึ่ง $n > 1$ ถ้า n หาร $a - b$ ได้ลงตัวแล้ว เราจะกล่าวว่า a คอนกรูเอน (congruence) กับ b มอดุโล n หรือเขียน $a \equiv b \pmod n$ เช่น

$2 \equiv 5 \pmod 3$ เพราะ 3 หาร $2 - 5 = -3$ ได้ลงตัว หรือ

$-7 \equiv 4 \pmod{11}$ เพราะ 11 หาร $-7 - 4 = -11$ ได้ลงตัว

เราสามารถพิสูจน์สมบัติ 2 ข้อ ต่อไปนี้ได้ไม่ยากนัก

1. ถ้า $a \equiv b \pmod n$ และ $b \equiv c \pmod n$ แล้ว $a \equiv c \pmod n$
2. ถ้า $a \equiv b \pmod n$ และ $c \equiv d \pmod n$ แล้ว $ac \equiv bc \pmod n$

จากสมบัติข้อ 2. ถ้าให้ c = a และ d = b เราได้ $a^2 \equiv b^2 \pmod n$ ในกรณีทั่วไป เราสรุปได้ว่า $a^k \equiv b^k \pmod n$ สำหรับ k ที่เป็นจำนวนเต็มบวกใด ๆ

ตัวอย่าง 3

เนื่องจาก $5^5 = 3125 \equiv 31 \pmod{221}$ และจากสมบัติข้อ 2. เราได้

$$(5^5)^3 \equiv 31^3 \pmod{221} \text{ แต่}$$
$$31^3 = 29791 \equiv 177 \pmod{221}$$

จากสมบัติข้อ 1. สรุปได้ว่า $(5^5)^3 \equiv 177 \bmod(221)$ จากสมบัติข้อ 2. เราได้

$$5^{17} = (5^5)^3\cdot 5^2 \equiv 177\cdot 25 \equiv 4425 \equiv 5 \pmod{221}$$

ตัวอย่าง 4

จากสมบัติข้อ 1. และข้อ 2. เช่นกัน เราได้

$114^5 \equiv 173 \pmod{221}$ และ $114^{55} = (114^5)^{11} \equiv 173^{11} \equiv 75 \pmod{221}$

ในกรณีที่เลขชี้กำลังมีขนาดใหญ่มาก ๆ และใหญ่กว่า n ทฤษฎีบทของออยเลอร์มีประโยชน์ต่อการคำนวณเป็นอย่างยิ่ง

ทฤษฎีบทของออยเลอร์ (Euler's Theorem) ถ้า gcd (a, n) = 1 แล้ว $a^{\phi(n)} \equiv 1 \pmod n$

ดังนั้น ถ้า p เป็นจำนวนเฉพาะซึ่ง gcd (p, a) =1 แล้ว $a^{p-1} \equiv 1 \pmod p$ เพราะ $\phi(p) = p - 1$

ตัวอย่าง 5

การคำนวณค่า $2^{43210} \pmod{101}$ เราทำได้ดังนี้

เนื่องจาก gcd (101, 2) = 1 ดังนั้น $2^{100} \equiv 1 \pmod{101}$ และ $2^{43210} \equiv (2^{100})^{432}2^{10} \equiv 1^{432}2^{10} \equiv 1024 \equiv 14 \pmod{101}$

ขั้นตอนการสร้างระบบรักษาความปลอดภัย

สมมุติว่าอลิสต้องการส่งข้อความซึ่งแทนด้วยจำนวนเต็มบวก m ให้บ็อบ

1.บ็อบเลือกจำนวนเฉพาะสองจำนวนคือ p และ q แล้วหาผลคูณ n = pq

2.บ็อบเลือกเลขชี้กำลัง e ซึ่งสอดคล้องกับสมบัติ gcd (e, (p – 1)(q – 1)) = 1

3.บ็อบสามารถประกาศค่าของ n และ e ให้สาธารณะรู้ได้ แต่บ็อบต้องเก็บ p และ q ไว้เป็นความลับ ไม่ให้ใครล่วงรู้

4.อลิสเข้ารหัส m โดยคำนวณค่า $c \equiv m^e \pmod{n}$ แล้วส่ง c ไปให้บ็อบ

5.เนื่องจากบ็อบเป็นคนเดียวที่รู้ค่าของ p และ q บ็อบสามารถคำนวณค่า (p – 1)(q – 1) ได้โดยง่าย ซึ่งจะทำให้บ็อบสามารถหา d ที่สอดคล้องกับ $de \equiv 1 \pmod{(p-1)(q-1)}$ ได้ จะเห็นว่า p และ q เปรียบเสมือนกุญแจส่วนตัวที่ใช้สำหรับถอดรหัส ผู้ที่จะคำนวณค่า d ได้ จะต้องรู้ p และ q นั่นคือรู้ p – 1 และ q – 1

6.เมื่อบ็อบได้รับ c บ็อบทำการถอดรหัส โดยการคำนวณค่า c^d ดังนี้ เนื่องจาก $c = m^e$ ดังนั้น

$$c^d = (m^e)^d = m^{de} = m \bmod (p-1)(q-1)$$

เพราะ $de \equiv 1 \pmod{(p-1)(q-1)}$ จะเห็นว่า $c^d = m$ ซึ่งก็คือจำนวนเต็มบวกที่อลิสต้องการส่งให้บ็อบนั่นเอง

ตัวอย่าง 6

สมมุติว่า m = 75 แทนข้อความที่อลิสต้องการส่งให้บ็อบ

1.บ็อบเลือกจำนวนเฉพาะ p = 13 และ q = 17 ดังนั้น n = pq = 221 และ (p – 1)(q – 1) = 192

2.บ็อบเลือกเลขชี้กำลัง e = 7 ซึ่ง gcd (7, (p – 1)(q – 1)) = gcd (7, 192) = 1 ดูตัวอย่าง 2

3.บ็อบประกาศค่า n = 221 และ e = 7 ให้สาธารณะรวมทั้งอลิสรู้

4.อลิสเข้ารหัสข้อความ m โดยคำนวณค่า $c \equiv m^e \pmod{n}$ จะได้ $c \equiv 75^7 \equiv 114 \pmod{221}$ แล้วส่งค่า c = 114 ให้บ็อบ

5.เนื่องจากบ็อบรู้ค่า p และ q บ็อบสามารถคำนวณค่า (p – 1)(q – 1) = 192 แล้วใช้ความรู้เรื่องขั้นตอนวิธีของยุคลิดหาค่า d ที่สอดคล้องกับ $de \equiv 1 \bmod (192)$ จากตัวอย่าง 2 จะเห็นว่า

$$1 = 55 \cdot 7 - 2 \cdot 192$$

ดังนั้น $1 \equiv 55 \cdot 7 \bmod (192)$ เพราะ $2 \cdot 192 \equiv 0 \bmod (192)$ แสดงว่า d = 55

6.บ็อบคำนวณค่า $c^d \pmod{n}$ จะได้

$c^d \equiv 114^{55} \equiv 75 \pmod{221}$ ดูตัวอย่าง 3

ซึ่งตรงกับจำนวนที่อลิสส่งให้บ็อบนั่นเอง

เห็นได้ชัดว่า ถ้ารู้ p และ q เราสามารถหา n = pq ได้โดยง่าย แต่ในทางกลับกัน ถ้ารู้ n จะหาจำนวนเฉพาะ p และ q ที่มีผลคูณเท่ากับ n ทำได้ยากมาก ซึ่งเป็นสาเหตุให้การถอดรหัสทำได้ยาก ส่วนการเข้ารหัสทำได้โดยง่าย

เพื่อให้การถอดรหัสทำได้ยาก ในทางปฏิบัติ จะเลือก p และ q ที่มีขนาดใหญ่ เช่น อาจเลือก p = 885320963 และ q = 238855417 ซึ่งจะทำให้ผลคูณ n = pq = 211463707796206571 และอาจเลือกเลขชี้กำลัง e = 9007 ซึ่ง gcd (9007, (p – 1)(q – 1)) = 1 เป็นต้น ซึ่งไม่สามารถคำนวณด้วยเครื่องคิดเลขปกติได้ ต้องอาศัยคอมพิวเตอร์ช่วย ถ้า n มีค่าใหญ่พอ การคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์อาจต้องใช้เวลาถึงร้อยปี ซึ่งไม่คุ้มค่ากับความพยายามถอดรหัสข้อความ และข้อความนั้นก็อาจจะล้าสมัยแล้วก็ได้

ผู้อ่านคงสงสัยว่าทำไมคนสองคนที่สื่อสารกันต้องชื่ออลิสและบ็อบ ใช้ชื่ออื่นไม่ได้หรือ คำตอบก็คือได้ แต่เป็นที่รู้กันในวงการที่เกี่ยวกับการสื่อสารรหัสลับว่า เมื่อกล่าวถึงอลิส และบ็อบจะหมายถึงคนสองคนใด ๆ ที่ต้องการสื่อสารกัน เพียงเพื่อสะดวกต่อการอธิบายเท่านั้น ที่จริงแล้วยังมีอีกคนหนึ่งที่มีบทบาทสำคัญ คือ อีฟ(Eve) ซึ่งเป็นที่รู้กันว่าอีฟคือผู้ร้ายที่คอยดักขโมยข้อมูลระหว่างทาง

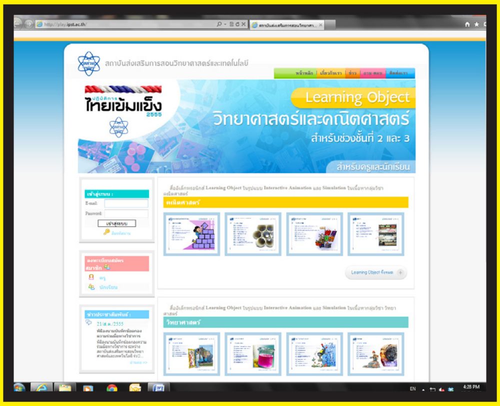
บรรณานุกรม

Trappe, Wade & Washington, Lawrence C. (2006). *Introduction to Cryptography with Coding Theory*. (2nd edition). New Jersey: Prentice-Hall.

นวพล กาบแก้ว
นักวิชาการ ฝ่ายนวัตกรรมเพื่อการเรียนรู้ สสวท. / e-mail : nkapk@ipst.ac.th

เว็บช่วยสอน

Learning Object
http://play.ipst.ac.th

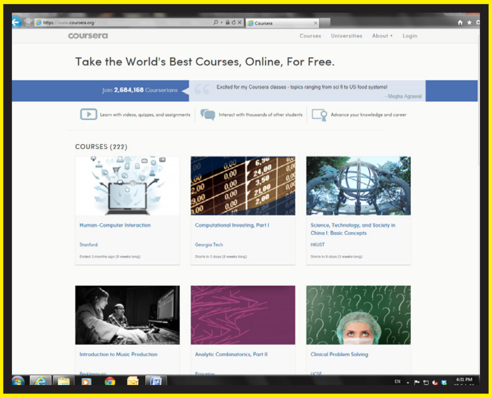


เว็บไซต์เผยแพร่สื่อดิจิทัล Learning Object โดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) มีเนื้อหากิจกรรมและการนำเสนอที่หลากหลาย เช่น ข้อความ รูปภาพ วีดิทัศน์ แอนนิเมชัน แบบทดสอบ เป็นต้น ซึ่งมุ่งเน้นให้มีปฏิสัมพันธ์กับสื่อดิจิทัลเพื่อสร้างความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง โดยครูและนักเรียนสามารถเลือกสื่อที่เหมาะสมและเอื้อต่อการเรียนรู้ของตนเอง เพื่อใช้เป็นสื่อในการพัฒนาองค์ความรู้ ส่งเสริมประสิทธิภาพการสอนของครูและการเรียนรู้ของนักเรียน ซึ่งภายในเว็บมีสื่อดิจิทัล Learning Object ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษาตอนปลาย ป.4-6 และมัธยมศึกษาตอนต้น ม.1-3 ที่จัดทำทั้งในรูปแบบออนไลน์และออฟไลน์ เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ครูและนักเรียนโดยไม่คิดค่าใช้จ่าย

QUEST
http://science.kqed.org/quest/

สภาพอากาศ พลังงาน อาหาร ความแตกต่างทางชีวภาพ น้ำ และสุขภาพ ต่างเป็นหัวข้อสำคัญที่มีความเกี่ยวข้องกับการพัฒนาอย่างยั่งยืนของสิ่งแวดล้อมซึ่งมีผลต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ บนโลกใบนี้ ข้อมูลต่าง ๆ ในเว็บไซต์ QUEST นี้จะช่วยให้ ครู นักเรียน และทุกคนได้เห็นถึงความพยายามในการนำความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ มาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลและการนำเสนอโดยใช้มัลติมีเดียในการเรียนการสอน

Coursera
https://www.coursera.org/



Coursera เป็นเว็บไซต์ที่ก่อตั้งขึ้นโดย Daphne Koller และ Andrew Ng ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์จากมหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด ร่วมกับมหาวิทยาลัยชั้นนำของโลกนำเสนอบทเรียนออนไลน์แก่ผู้สนใจทั่วไปโดยไม่คิดค่าใช้จ่าย มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ความรู้จากมหาวิทยาลัยชั้นนำของโลกเผยแพร่สู่ผู้เรียนอย่างแพร่หลาย มีบทเรียนหลากหลายสาขาวิชา เช่น มนุษยศาสตร์ แพทยศาสตร์ ชีววิทยา คณิตศาสตร์ วิทยาการคอมพิวเตอร์ เป็นต้น ซึ่งนำเสนอผ่านวีดิทัศน์ เอกสารประกอบการสอน สื่อที่หลากหลาย การแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและการทดสอบผ่านระบบออนไลน์ โดยผู้พัฒนาหวังว่าผู้ใช้จะได้เข้าถึงการศึกษาจากมหาวิทยาลัยชั้นนำของโลกเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตของตนเองและสังคม

ดร. เขมวดี พงศานนท์
นักวิชาการ ฝ่ายบริหารโครงการริเริ่มพิเศษ สสวท. / e-mail : khemma@ipst.ac.th

“สี่เหลี่ยมรักษ์ธรรมชาติ”: บทเรียนบูรณาการเพื่อธรรมชาติของเรา และธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ตอนที่ 1

คงปฏิเสธไม่ได้ว่าเหตุการณ์มหาอุทกภัยเมื่อปี 2554 ได้สะท้อนให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในสิ่งแวดล้อมของเราอย่างชัดเจน เหตุการณ์ในครั้งนั้นกระตุ้นให้มีการดูแลรักษาและรณรงค์ให้ลดการใช้งานและทำลายทรัพยากรธรรมชาติอย่างกว้างขวาง ในสภาวะที่โลกมีการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศอันเนื่องมาจากการขาดสมดุลทางชีวภาพในสิ่งแวดล้อม รวมถึงการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างไม่มีที่สิ้นสุด เยาวชนซึ่งจะเติบโตไปเป็นผู้บริโภคทรัพยากรเหล่านั้นต่อไป ควรได้มีโอกาสเรียนรู้ไม่เพียงแค่ประโยชน์ของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม แต่จำเป็นต้องตระหนักถึงโทษของการทำลายทรัพยากรธรรมชาติ ซึ่งนับวันจะกลายเป็นภัยที่ใกล้ตัวขึ้นเรื่อย ๆ

จากความจำเป็นดังกล่าวข้างต้น บทเรียนวิทยาศาสตร์จึงควรสอนมากกว่าการให้นักเรียนท่องจำว่าธรรมชาติคืออะไร สำคัญต่อเราอย่างไร แต่ควรสอนให้นักเรียนตระหนักถึงคุณค่าของธรรมชาติที่มีต่อมนุษย์ และทำไมจึงต้องรักษาธรรมชาติ บทความนี้นำเสนอบทเรียนที่ครูสามารถจัดในชั้นเรียนระดับประถมศึกษา เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับพัฒนาการที่เกิดขึ้นในธรรมชาติรอบตัว ประโยชน์ของสิ่งแวดล้อมรอบตัว วิธีการดูแลรักษาและตระหนักถึงประโยชน์ของการดูแลรักษา นอกจากนี้ บทเรียนนี้ยังเน้นการเรียนรู้ที่ผ่านการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (scientific inquiry) และช่วยให้นักเรียนพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (nature of science)

เพื่อให้นักเรียนสามารถเห็นพัฒนาการ รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ ครูสามารถจัดกิจกรรมนี้ต่อเนื่องกันอย่างน้อย 6 สัปดาห์ หรือสามารถขยายออกไปได้ตลอดทั้งภาคการศึกษา การจัดการเรียนรู้แต่ละครั้งใช้เวลา 20-30 นาที โดยครูแบ่งนักเรียนในชั้นเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 3-4 คน ในชั่วโมงแรกของกิจกรรม นักเรียนแต่ละกลุ่มออกไปสำรวจพื้นที่ต่าง ๆ ในบริเวณโรงเรียน ก่อนที่จะร่วมกันพิจารณาเลือกตำแหน่งที่กลุ่มต้องการสร้าง “สี่เหลี่ยมรักษ์ธรรมชาติ” ซึ่งเป็นพื้นที่ขนาด 1 ตารางเมตร (1 เมตร x 1 เมตร) นักเรียนแต่ละกลุ่มจะใช้ “สี่เหลี่ยมรักษ์ธรรมชาติ” เป็นพื้นที่ตัวอย่าง เพื่อใช้ในการสืบเสาะและเรียนรู้เกี่ยวกับธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมรอบตัว ทั้งนี้ ในการเลือกบริเวณที่จะสร้าง “สี่เหลี่ยมรักษ์ธรรมชาติ” ครูต้องให้คำแนะนำว่าพื้นที่ดังกล่าว ควรมีความหลากหลายของธรรมชาติ เช่น แนะนำนักเรียนว่าพื้นที่ของนักเรียนควรประกอบด้วยต้นหญ้า ส่วนประกอบของต้นไม้ เช่น ราก หรือเป็นพื้นที่ที่เป็นพื้นดินที่แห้งและส่วนที่เป็นน้ำ เช่น ริมตลิ่ง

สร้างและสำรวจ “สี่เหลี่ยมรักษ์ธรรมชาติ”

เมื่อนักเรียนแต่ละกลุ่มเลือกพื้นที่เพื่อทำการสืบเสาะเรียบร้อย ครูแจกอุปกรณ์ให้นักเรียนสร้างพื้นที่ และกำหนดอาณาเขตของ 4 เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 1x1 ตารางเมตร โดยใช้สายวัดหรือไม้เมตรวัดขนาดของพื้นที่ ใช้ไม้ไอศกรีมหรือหมุดปักที่ 4 มุม แล้วใช้เชือกป่านหรือไหมพรมเชื่อมมุมต่าง ๆ เพื่อกำหนดอาณาเขตของ 4 เหลี่ยม หลังจากนั้นให้นักเรียนสังเกตและจดบันทึกข้อสังเกต (observations) พร้อมทั้งวาดรูปสี่เหลี่ยมรักษ์ธรรมชาติของกลุ่มตนเองลงในสมุดบันทึกหรืออนุทิน (journal) หลังจากนั้นอีก 2 สัปดาห์ ให้นักเรียนแต่ละคนเก็บข้อมูลสี่เหลี่ยมรักษ์ธรรมชาติของตนเองสัปดาห์ละ 1 ครั้ง โดยกำหนดให้นักเรียนใช้เวลา 15-20 นาทีของคาบเรียนในการเก็บข้อมูลและบันทึกการสังเกต

บูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ระหว่างจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมนี้ ครูสามารถบูรณาการกิจกรรมเพื่อสอนหัวข้อหนึ่งของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ คือ ความแตกต่างระหว่างข้อสังเกตและข้ออนุมาน (inference) โดยใช้ตาราง T-Chart ดังแสดงในรูปที่ 2

อุปกรณ์

กระดาษโน้ตแบบที่มีกาวด้านหลัง 2 สีที่แตกต่างกัน (สมมุติให้เป็นสีชมพูและสีเหลือง)

ข้อสังเกต	ข้ออนุมาน

รูปที่ 2 ตาราง T-Chart ข้อสังเกตและข้ออนุมาน

อุปกรณ์สำหรับใช้สร้างและกำหนดอาณาเขตของ “สี่เหลี่ยมรักษ์ธรรมชาติ”
- สายวัดหรือไม้เมตร
- ไม้ไอศกรีมหรือหมุด 4 อันเพื่อปักที่มุมและใช้ยึดเชือก
- เชือกป่านหรือไหมพรม

การดำเนินกิจกรรมในส่วนนี้จะแทรกอยู่หลังจากที่นักเรียนสำรวจและบันทึกข้อสังเกตลงในสมุดบันทึกหรืออนุทิน โดยครูแจกกระดาษโน้ตให้นักเรียนสีละ 1 แผ่น ให้นักเรียนเขียนสิ่งที่นักเรียนบันทึกจาก “สี่เหลี่ยมรักษ์ธรรมชาติ” ลงในกระดาษโน้ตแผ่นละ 1 อย่าง โดยเขียนข้อมูลที่นักเรียนคิดว่าเป็นข้อสังเกตลงในกระดาษสีชมพู และข้อมูลที่นักเรียนคิดว่าเป็นข้ออนุมานลงในกระดาษสีเหลือง หลังจากนั้น ให้นักเรียนนำกระดาษโน้ตไปติดบนตารางในรูปที่ 2 ซึ่งครูได้เขียนไว้บนกระดาน โดยให้นักเรียนติดกระดาษโน้ตในสดมภ์ให้ถูกต้อง โดยกำหนดให้นักเรียนใช้เวลา 15-20 นาทีของคาบเรียน ในการเก็บข้อมูลและบันทึกการสังเกต

หลังจากนักเรียนทุกคนติดกระดาษโน้ตบนกระดานเรียบร้อยแล้ว ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายและพิจารณาข้อมูลของนักเรียนทีละคน โดยพิจารณาว่านักเรียนสามารถจำแนกข้อสังเกตและข้ออนุมานได้ถูกต้องหรือไม่ และสุดท้ายครูและนักเรียนสรุปความหมายของข้อสังเกตและข้ออนุมานร่วมกัน

ข้อสังเกต คือ ข้อมูลดิบเกี่ยวกับปรากฏการณ์หรือสิ่งที่สนใจที่ผู้สังเกตใช้ประสาทสัมผัสทั้ง 5 ในการรวบรวมข้อมูล เพื่อบรรยายลักษณะของสิ่งที่สนใจ

ข้ออนุมาน คือ ข้อมูลเกี่ยวกับปรากฏการณ์หรือสิ่งที่สนใจที่สร้างขึ้นจากข้อสังเกต ความคิด ความเห็น และความรู้เดิมของผู้อนุมาน

แผนศึกษา "สี่เหลี่ยมรักษ์ธรรมชาติ"

หลังจากที่นักเรียนสร้าง สำรวจ และเก็บข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับ "สี่เหลี่ยมรักษ์ธรรมชาติ" ของตนเองประมาณ 3-4 ครั้ง ให้นักเรียนแลกเปลี่ยนข้อสังเกตและภาพวาด "สี่เหลี่ยมรักษ์ธรรมชาติ" ของตนกับเพื่อนในกลุ่มเดียวกัน และระดมสมองเพื่อตั้งคำถามที่สมาชิกในกลุ่มสงสัยจากการสังเกตสิ่งมีชีวิตและไม่มีชีวิตใน "สี่เหลี่ยมรักษ์ธรรมชาติ" ของตนเอง โดยให้นักเรียนแต่ละคนตั้งคำถามคนละ 2 ข้อ หลังจากนั้นแลกเปลี่ยนและอภิปรายในกลุ่มเพื่อเลือกคำถาม 1 ข้อ ที่คิดว่ากลุ่มของตนเองจะใช้เป็นคำถามหลักในการศึกษาพัฒนาการและการเปลี่ยนแปลงของธรรมชาติ หลังจากที่นักเรียนแต่ละกลุ่มได้คำถามหลักแล้ว ให้แต่ละกลุ่มระดมสมองเพื่อออกแบบการสืบเสาะ (investigation) และเก็บข้อมูลเพื่อตอบคำถามหลัก

สำหรับตอนที่ 1 ผู้เขียนขอนำเสนอกิจกรรมไว้เพียงการให้นักเรียนฝึกทักษะการสังเกตและการอนุมาน และเชื่อมโยงประสบการณ์นั้นกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยฝึกจำแนกความแตกต่างระหว่างข้อสังเกตและข้ออนุมาน และในตอนที่ 2 ผู้เขียนจะนำเสนอแนวทางในการบูรณาการกิจกรรม "สี่เหลี่ยมรักษ์ธรรมชาติ" กับวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร แล้วพบกันฉบับหน้าค่ะ

บรรณานุกรม

Bennett, K. (2010). Citizen scientists: Fifth graders work as researchers on the hunt for an invasive species. *Science and Children, 48*(1), 50-53.

Hanuscin, D. L. & Park Rogers, M. A. (2008). Learning to observe and infer. *Science and Children, 45*(6), 56-57.

Park Rogers & M. A. (2009). Elementary preservice teachers' experience with inquiry: Connecting evidence to explanation. *Journal of Elementary Science Education, 21*(3), 47-61.

ขจิต เมตตาเมธา
นักวิชาการ สาขาออกแบบและเทคโนโลยี สสวท. / e-mail : kmett@ipst.ac.th

สาระการออกแบบและเทคโนโลยี กับการส่งเสริมเยาวชน เรื่องการรักษ์สิ่งแวดล้อม

ภาวะโลกร้อนหรือปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลกระทบต่อความมั่นคงของมนุษย์อย่างเป็นรูปธรรมในปัจจุบัน โดยมีระดับความรุนแรงที่เพิ่มมากขึ้น เห็นได้จากภัยพิบัติทางธรรมชาติที่เกิดบ่อยครั้งและถี่ขึ้น เช่น การเกิดคลื่นความร้อน ความแห้งแล้ง อุทกภัย พายุโซนร้อน Asian Development Bank (ADB) ได้รายงานการศึกษาผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ พบว่าระหว่างปี ค.ศ. 1951-2000 อุณหภูมิของภูมิภาคเพิ่มขึ้น 0.1-0.3 องศาเซลเซียสอย่างมีนัยสำคัญ ปริมาณน้ำฝนมีแนวโน้มลดน้อยลง ระดับน้ำทะเลเพิ่มขึ้นสูงเฉลี่ย 1-3 มิลลิเมตรต่อปี ประเทศไทยเองก็ประสบกับภัยพิบัติทางธรรมชาติ เช่น เหตุการณ์สึนามิ ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อเดือนธันวาคม พ.ศ. 2547 ได้สร้างความเสียหายในพื้นที่จังหวัดพังงา กระบี่ และภูเก็ต โดยประมาณการณ์ว่ามีผู้เสียชีวิตจากเหตุการณ์ดังกล่าวในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้มากถึง 235,000 คน และปี พ.ศ.2554 ที่ผ่านมา ประเทศไทยได้เกิดมหาอุทกภัยขึ้น โดยมีพื้นที่ประสบอุทกภัยถึง 17 จังหวัด ประชาชนที่ได้รับความเดือดร้อนนั้นมีมากถึง 5,078,477 คน เสียชีวิต 728 ราย สูญหาย 2 ราย มหาอุทกภัยครั้งนี้ได้สร้างความเสียหายและส่งผลกระทบเป็นวงกว้างต่อสภาพสังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย

ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ หรือภาวะโลกร้อน เป็นผลที่เกิดจากการปล่อยแก๊สเรือนกระจกสู่บรรยากาศ จากการใช้พลังงานในกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ โดยเฉพาะพฤติกรรมการบริโภคที่เกินความพอดี แล้วส่งผลร้ายกลับมาทำลายมนุษย์และสรรพสิ่งต่าง ๆ ด้วยกันเองในที่สุด ปัจจุบันคงไม่มีประเทศใดในโลกนี้ที่จะสามารถบริหารจัดการผลกระทบของภาวะโลกร้อนได้โดยลำพัง จริงแล้ว ๆ กระแส "โลกาภิวัตน์ด้านสิ่งแวดล้อม" (Environmental Globalization) เป็นสิ่งที่เกิดขึ้นมาแล้วไม่น้อยกว่า 21 ปี ตั้งแต่การประชุมสหประชาชาติว่าด้วยสิ่งแวดล้อมและการพัฒนา (United Nations Conference on Environment and Development : UNCED) หรือ การประชุม Earth Summit ณ นครรีโอ เด จาเนโร ประเทศบราซิล ในปี พ.ศ. 2535 ซึ่งได้นำแนวคิดเรื่องสิ่งแวดล้อมมาเชื่อมโยงกับ "การพัฒนา" เกิดเป็นแนวคิด "การพัฒนาที่ยั่งยืน" ซึ่งเป็นการพัฒนาที่ต้องสร้างความสมดุลระหว่าง 3 เสาหลัก คือ ด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม แนวคิดดังกล่าวได้ถูกยอมรับในเวทีประชาคมโลก และแพร่หลายไปอย่างกว้างขวางทั่วโลก และนำไปสู่การจัดทำความตกลงด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ส่วนหนึ่งในนั้นคือการกำหนดเป้าหมายการลดแก๊สเรือนกระจก (โดยไม่มีพันธกรณีบังคับ) และกรอบแนวทางการพัฒนาของประเทศต่าง ๆ กระแสโลกาภิวัตน์ทางด้านสิ่งแวดล้อม ยังส่งผลให้เกิดการประชุมระดับโลกด้านการพัฒนาที่ยั่งยืนในอีก 10 ปีต่อมา คือ World Summit on Sustainable Development : WSSD ณ นครโจฮันเนสเบิร์ก สาธารณรัฐแอฟริกาใต้ ใน ปี พ.ศ. 2545 สำหรับประเทศไทยเองได้มีส่วนร่วมลงนามและให้สัตยาบัน ในปฏิญญาและอนุสัญญาจากการประชุมดังกล่าวทั้งในปี พ.ศ. 2535 และ พ.ศ. 2545 จากการปฏิบัติตามกรอบดังกล่าว ทำให้เกิดการเปลี่ยนแนวนโยบาย สถาบัน องค์กร และกิจกรรมต่าง ๆ ในประเทศไทย โดยอาจถือได้ว่าเป็นการวางรากฐานการพัฒนาที่ยั่งยืนของประเทศ ปัจจุบันสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (สศช.) ทำหน้าที่เป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบในการวางแผนและประเมินผลการพัฒนาที่ยั่งยืนของประเทศ โดยมีการนำกรอบการพัฒนาที่ยั่งยืนจากแผนปฏิบัติการ 21 (Agenda 21) ผนวกหรือบูรณาการเข้ากับกลไกที่เป็นกรอบแนวทางการพัฒนาที่มีอยู่ ซึ่งมีอยู่ 2 แนวทางที่สำคัญคือ การบูรณาการกับกฎหมาย ได้แก่ รัฐธรรมนูญ (รัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พ.ศ. 2540 และ 2550) หรือกฎหมายอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการสิ่งแวดล้อมที่มีอยู่ และการบูรณาการกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ซึ่งถือเป็นแผนแม่บทในการพัฒนาประเทศไทย

การนำกรอบแนวคิดเรื่องการพัฒนาที่ยั่งยืนมาใช้เป็นหลักสำหรับการพัฒนาประเทศ ปรากฏชัดในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2540-2544) ซึ่งแตกต่างจากแผนพัฒนาฯ ฉบับก่อน ซึ่งมุ่งเน้นการเติบโตทางเศรษฐกิจด้วยการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน ควบคู่กับการพัฒนาสังคม โดยมุ่งเปลี่ยนให้ "คน" เป็นศูนย์กลางของการพัฒนาและเน้นการสร้างความสมดุลแก่การพัฒนาในทุก ๆ ด้าน คือเปลี่ยนจากวิธีการพัฒนาแบบแยกส่วนมาเป็นบูรณาการแบบองค์รวม เช่นเดียวกับแผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 9 (พ.ศ. 2545-2549) ซึ่งน้อมนำปรัชญา "เศรษฐกิจพอเพียง (Sufficiency Economy)" มาใช้เป็นแนวทางการพัฒนา และแผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2550-2554) ที่มีเป้าหมายในการพัฒนาสังคมไทยสู่ "สังคมที่มีความสุขอย่างยั่งยืน (Green Society)" ซึ่งเน้นการพัฒนาในทางสังคม เศรษฐกิจ และทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม อย่างบูรณาการและเกื้อกูลกัน ปัจจุบันในแผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 11 (พ.ศ. 2555-2559) ยังคงน้อมนำหลักปรัญชาของเศรษฐกิจพอเพียงมาใช้เป็นแนวทางการพัฒนาประเทศ โดยมีจุดเน้น

ในการพัฒนาคน และสังคมไทยให้มีคุณภาพ มีโอกาสเข้าถึงทรัพยากร และได้รับประโยชน์จากการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมอย่างเป็นธรรม สร้างโอกาสทางเศรษฐกิจด้วยฐานความรู้ เทคโนโลยี นวัตกรรม และความคิดสร้างสรรค์บนพื้นฐานการผลิตและการบริโภคที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยพยายามให้เกิดความร่วมมือของภาคีการพัฒนาทุกภาคส่วน ทั้งในระดับชุมชน ระดับภาค และระดับประเทศในการกำหนดวิสัยทัศน์และทิศทางการพัฒนาประเทศ เพื่อให้เกิด "สังคมอยู่ร่วมกันอย่างมีความสุข ด้วยความเสมอภาคเป็นธรรม และมีภูมิคุ้มกันต่อการเปลี่ยนแปลง" จากกรอบแนวคิดหน่วยงานภาครัฐต่าง ๆ ได้นำไปขยายผลสู่การปฏิบัติในรูปแบบต่าง ๆ ตามบทบาทหน้าที่ของแต่ละหน่วยงาน เช่น จากยุทธศาสตร์ด้านการผลิตและบริโภคอย่างยั่งยืน มีการทำแผนแม่บทแห่งชาติว่าด้วยการผลิตที่สะอาด หรือแผนการส่งเสริมการจัดซื้อจัดจ้างสินค้าและบริการที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมของภาครัฐ ตามกรอบของแผนจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อม 5 ปี หรือมีการริเริ่มพัฒนามาตรฐานและฉลากสิ่งแวดล้อมประเภทต่าง ๆ เช่น ฉลากเขียว ISO14000 มาตรฐานมงกุฎไทยเพื่อรองรับสำหรับโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism Project : CDM Project) ฉลากคาร์บอน ฉลากพลังงานประสิทธิภาพสูง ฉลากประหยัดไฟ มาตรฐานใบไม้สีเขียวสำหรับธุรกิจโรงแรมและการท่องเที่ยว ฯลฯ

ภาคเอกชนบางส่วนเองก็ตระหนักถึงบทบาทของตนเองที่มีต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม โดยได้เปลี่ยนแปลงการดำเนินงานเพื่อเอื้อประโยชน์ต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมมากขึ้น โดยการปฏิบัติตามพระราชบัญญัติต่าง ๆ เช่น พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 พระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 พระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ. 2535 ฯลฯ ในแง่การดำเนินการได้มีการนำโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism) การลงทุนเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีสะอาด (cleaner technology) การสร้างเครือข่ายห่วงโซ่อุปทานสีเขียว (greening the supply chain) มาใช้ในการดำเนินงาน และพยายามผลิตสินค้าหรือบริการที่เข้าร่วมโครงการฉลากเขียว โครงการฉลากประหยัดพลังงาน ฯลฯ ภาคเอกชนที่เข้าร่วมอาจได้สิทธิประโยชน์ต่าง ๆ ทั้งที่เป็นตัวเงินหรือมิใช่ตัวเงิน แต่อาจเป็นประโยชน์ต่อบริษัทในเรื่องของการลดต้นทุน หรือสร้างชื่อเสียงในฐานะองค์กรหรือผลิตภัณฑ์ที่รักษาสิ่งแวดล้อมได้

สำหรับเยาวชนซึ่งเป็นทรัพยากรบุคคลในการพัฒนาประเทศต่อไป การส่งเสริมแนวคิดเรื่องการพัฒนาที่ยั่งยืน โดยให้ความสำคัญกับประเด็นสิ่งแวดล้อมเป็นเรื่องสำคัญ โดยที่ผ่านมามีหลายโครงการที่พยายามส่งเสริมและปลูกจิตสำนึกเยาวชนในเรื่องดังกล่าว เช่น โครงการห้องเรียนสีเขียว ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ซึ่งปลูกฝังจิตสำนึกนักเรียนในเรื่องการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ประหยัดพลังงาน ตลอดจนการใช้ทรัพยากรอย่างประหยัดคุ้มค่า หรือ โครงการโรงเรียนต้นแบบ ทำดีเพื่อพ่อ เศรษฐกิจพอเพียง ของมูลนิธิสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย หรือการเรียนรู้ในลักษณะของโลกทั้งระบบของโครงการวิทยาศาสตร์โลกทั้งระบบ (โครงการ Globe) ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

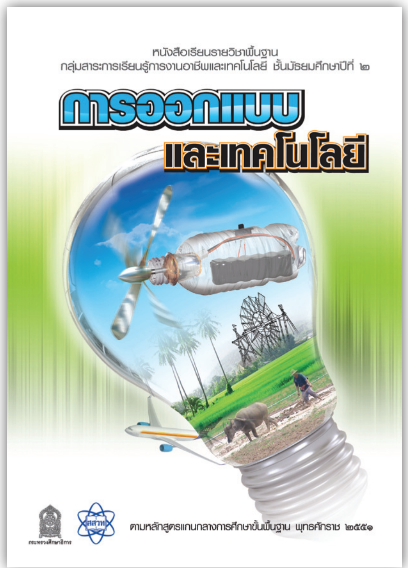
สาระการออกแบบและเทคโนโลยี ในกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ซึ่งรับผิดชอบโดยสาขาการออกแบบและเทคโนโลยี สสวท. เป็นสาระหนึ่งที่พยายามส่งเสริมเยาวชนในเรื่องดังกล่าวเช่นเดียวกัน โดยมีการกำหนดตัวชี้วัด/มาตรฐานการเรียนรู้และสาระฯ ไว้ ในเรื่องการเลือกใช้เทคโนโลยีในทางสร้างสรรค์ต่อชีวิต สังคม สิ่งแวดล้อม และมีส่วนร่วมในการจัดการเทคโนโลยีที่ยั่งยืน พยายามส่งเสริมให้นักเรียนหรือเยาวชนนำความรู้และทักษะมาใช้ในการแก้ปัญหา โดยสร้างสิ่งของเครื่องใช้หรือวิธีการซึ่งเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมบนฐานของความคิดสร้างสรรค์ สำหรับเนื้อหาในหลักสูตรมุ่งเน้นไปที่การเลือกใช้เทคโนโลยีและการจัดการเทคโนโลยีด้วยวิธีการของเทคโนโลยีสะอาด

การเลือกใช้เทคโนโลยี

การเลือกใช้เทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์ คือ การเลือกใช้เทคโนโลยีที่มีผลกระทบต่อชีวิต สังคมและสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด โดยการเลือกใช้เทคโนโลยีพิจารณาจาก

1. ตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาของผู้ใช้ได้
2. มีความคุ้มค่าในการลงทุนและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจได้
3. เทคโนโลยีที่เลือกใช้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ
4. มีความปลอดภัยต่อชีวิต และมีผลกระทบต่อวัฒนธรรม ศีลธรรมของชุมชนและสิ่งแวดล้อมน้อย

สำหรับกิจกรรมนั้นพยายามปลูกฝังให้นักเรียนหรือเยาวชนเลือกใช้สินค้า หรือผลิตภัณฑ์โดยพิจารณาจากเครื่องหมาย สัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่บ่งบอกถึงคุณภาพที่ได้รับการรับรองตามกฎหมายที่ปรากฏบนตัวผลิตภัณฑ์ เช่น เครื่องหมาย มอก. เลขสารบบอาหารหรือเครื่องหมาย อย. ฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ห้า ฉลากเขียว ฉลากลดคาร์บอน เครื่องหมายคาร์บอนฟุตพรินต์ (ซึ่งตอบสนองกับยุทธศาสตร์ด้านการผลิตและบริโภคอย่างยั่งยืนของประเทศ ดังที่ได้กล่าวไว้ในข้างต้น เพื่อสร้างความรู้ความเข้าใจแก่เยาวชน เพื่อปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการบริโภค โดยมุ่งสู่ความยั่งยืนมากขึ้น) โดยสาขาออกแบบและเทคโนโลยีได้จัดทำหนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐาน การออกแบบและเทคโนโลยี ซึ่งมีเนื้อหาการเลือกใช้เทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์ในหนังสือเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และ 4-6



ฉลากลดคาร์บอนหรือฉลากคาร์บอน แสดงถึงการลดลงของการปล่อยแก๊สเรือนกระจก หรือการปล่อยแก๊สเรือนกระจกในปริมาณต่ำต่อหน่วยสินค้า ซึ่งแก๊สเรือนกระจกเป็นสาเหตุหนึ่งที่ก่อให้เกิดปัญหาภาวะโลกร้อนในปัจจุบัน โดยองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.) ร่วมกับสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย (สสท.) เป็นผู้อนุมัติเครื่องหมายฉลากลดคาร์บอน

ฉลากลดคาร์บอน

เครื่องหมายมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.)

เป็นเครื่องหมายที่สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) กำหนดขึ้นเพื่อแสดงความเป็นมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ เครื่องหมายมอก. ที่พบบนผลิตภัณฑ์มี 2 เครื่องหมาย คือ เครื่องหมายมาตรฐานทั่วไป ใช้แสดงบนผลิตภัณฑ์ที่เป็นมาตรฐานไม่บังคับ เช่น แปรงสีฟัน ยาสีฟัน สบู่ ไฟฉาย น้ำตาลทราย บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป ฯลฯ และเครื่องหมายมาตรฐานบังคับ ใช้แสดงบนผลิตภัณฑ์ที่มีกฎหมายกำหนดให้ต้องเป็นตามมาตรฐาน เช่น ยาจุดกันยุง ผงซักฟอก ไม้ขีดไฟ ของเล่น เตารีดไฟฟ้า หลอดไฟฟ้า ฯลฯ

เครื่องหมาย
มาตรฐานทั่วไป

เครื่องหมาย
มาตรฐานบังคับ

ฉลากเขียว เป็นเครื่องหมายแสดงถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ทำหน้าที่อย่างเดียวกัน โดยยกเว้น ยา เครื่องดื่ม และอาหาร ประเทศแรกที่เริ่มใช้ฉลากเขียว คือ เยอรมนี สำหรับประเทศไทยได้ริเริ่มโครงการฉลากเขียวขึ้นเมื่อเดือนตุลาคม พ.ศ. 2536

เครื่องหมาย
ฉลากเขียว

เครื่องหมายคาร์บอนฟุตพรินต์ ที่ติดบนผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ นั้น แสดงให้ผู้บริโภคทราบว่า ตลอดวัฏจักรของผลิตภัณฑ์เหล่านั้นมีการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกออกมาปริมาณเท่าไหร่ ตั้งแต่กระบวนการหาวัตถุดิบ การผลิต การขนส่ง การใช้งานและการกำจัดเมื่อกลายเป็นของเสีย ซึ่งช่วยในการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคและกระตุ้นให้ผู้ประกอบการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยีในการผลิตให้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น สำหรับประเทศไทยองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เป็นผู้พิจารณาอนุมัติให้การรับรองเครื่องหมายคาร์บอนฟุตพรินต์

เครื่องหมายคาร์บอนฟุตพรินต์
ของประเทศไทย

การเรียนรู้ถึงเครื่องหมาย สัญลักษณ์ต่าง ๆ บนผลิตภัณฑ์ จะช่วยในเรื่องการตัดสินใจเลือกใช้เทคโนโลยี ผลิตภัณฑ์จากเทคโนโลยีที่เพิ่มขึ้นตามจำนวนประชากร บางครั้งเทคโนโลยีที่อยู่ในประเทศหนึ่ง ๆ อาจไม่เพียงพอกับความต้องการ ดังนั้นจึงต้องมีการแสวงหาจากแหล่งอื่น แต่ในการเลือกใช้เทคโนโลยีก็ต้องกระทำอย่างระมัดระวัง เนื่องจากเทคโนโลยีที่ตอบสนองความต้องการได้ในที่แห่งหนึ่งอาจไม่เหมาะสมกับอีกแห่งหนึ่งก็ได้ ดังนั้นการเลือกใช้เทคโนโลยีจึงต้องคำนึงถึงการแก้ไขหรือตอบสนองความต้องการได้ ความปลอดภัย ความเหมาะสมกับสภาพท้องถิ่น และผลกระทบในด้านต่าง ๆ มาประกอบการพิจารณาด้วย โดยเฉพาะด้านสิ่งแวดล้อม

การจัดการเทคโนโลยีด้วยวิธีการของเทคโนโลยีสะอาด

เทคโนโลยีสะอาด (cleaner technology) เป็นวิธีการที่ช่วยลดการเกิดมลพิษที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตและปรับปรุงการผลิตอย่างต่อเนื่อง โดยมีการนำแนวคิดนี้มาใช้เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน (sustainable development) สถาบันสิ่งแวดล้อมไทยได้ให้ความหมายของเทคโนโลยีสะอาดไว้ หมายถึง การพัฒนาเปลี่ยนแปลงปรับปรุงอย่างต่อเนื่องของกระบวนการผลิตและการบริการ เพื่อให้เกิดผลกระทบหรือความเสี่ยงต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยเทคโนโลยีสะอาดนั้นมีความหมายใกล้เคียงกับการผลิตที่สะอาด (cleaner production) การป้องกันมลพิษ (pollution prevention) การลดของเสียให้น้อยที่สุด (waste minimization) และการผลิตเพื่อรักษาสิ่งแวดล้อม (green productivity) ซึ่งเป็นกลไกหนึ่งที่ภาคเอกชนนำมาปรับใช้สำหรับการดำเนินงานเพื่อเอื้อประโยชน์ต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมมากขึ้น

วิธีการดำเนินการของเทคโนโลยีสะอาด แบ่งออกเป็น 2 ด้าน คือ

1. การลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด แบ่งออกเป็น 2 วิธี คือการปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตและการปรับเปลี่ยนผลิตภัณฑ์
2. การนำกลับมาใช้ใหม่ แบ่งออกได้เป็น 2 วิธี คือการนำผลิตภัณฑ์เก่ากลับมาใช้ใหม่ หรือการใช้ผลิตภัณฑ์หมุนเวียน และการใช้เทคโนโลยีหมุนเวียน

การส่งเสริมให้เยาวชนหรือนักเรียนดำเนินการจัดการเทคโนโลยีด้วยเทคโนโลยีสะอาดนั้น สามารถใช้หลัก 3 R ซึ่งได้แก่ Reduce Reuse และ Recycle

Reduce หรือการลดการใช้ทรัพยากร เช่น การให้นักเรียนนำถุงผ้า หรือถุงหูหิ้วติดตัวไปเมื่อต้องการซื้อของ โดยปฏิเสธการใช้ถุงพลาสติก และควรเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ชนิดที่ใช้เติมได้ หลีกเลี่ยงการใช้ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้ง เช่น แก้ว จาน ช้อนพลาสติก

การใช้ถุงผ้าใส่ของที่ซื้อแทนการใช้ถุงพลาสติก
ที่มา www.manager.co.th

Reuse หรือการนำกลับมาใช้ซ้ำ เป็นการนำวัสดุ บรรจุภัณฑ์ที่ใช้แล้วกลับมาใช้ในรูปแบบเดิม หรือดัดแปลงใช้งานในลักษณะอื่น เช่น การให้นักเรียนนำภาชนะแก้วหรือพลาสติกของผลิตภัณฑ์ที่ใส่อาหาร มาใส่น้ำตาล เกลือ หรือนำกระป๋องหรือถ้วยพลาสติกใส่เครื่องดื่มมาทำกระถางต้นไม้ กล่องใส่เครื่องเขียน หรือสิ่งของเครื่องใช้ที่ตนเองสนใจ

การนำขวดน้ำพลาสติกหรือบรรจุภัณฑ์ที่ใช้แล้วมาประดิษฐ์เป็นของเล่นของใช้

Recycle หรือการแปรรูปแล้วนำกลับมาใช้ใหม่ เป็นการนำวัสดุที่ใช้แล้ว หรือวัสดุเสียที่เกิดขึ้นระหว่างการผลิตมาผ่านกระบวนการแปรรูปเพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ สำหรับนักเรียนนั้นควรส่งเสริมให้รู้จักการคัดแยกขยะที่สามารถนำมารีไซเคิลได้ เช่น กระดาษ โลหะ พลาสติก แก้ว หรือการทำกระดาษรีไซเคิลจากกระดาษที่ใช้แล้ว

การทำกระดาษรีไซเคิลจากกระดาษที่ใช้แล้ว

โดยสาขาออกแบบและเทคโนโลยีได้จัดทำหนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐาน การออกแบบและเทคโนโลยี ซึ่งมีเนื้อหาการจัดการเทคโนโลยีด้วยเทคโนโลยีสะอาดอยู่ในหนังสือเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 และ 5 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และ 4-6

การส่งเสริมให้นักเรียนหรือเยาวชนรู้จักการเลือกใช้เทคโนโลยี และการจัดการเทคโนโลยีด้วยเทคโนโลยีสะอาด จึงเป็นการส่งเสริมให้รู้จักการแก้ไขหรือตอบสนองความต้องการของตนเองในปัจจุบัน โดยส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย และไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของคนรุ่นต่อไป เพื่อให้เป็นประชากรที่มีคุณภาพของประเทศ เกิดความสมดุลในการพัฒนาระหว่างสภาพเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม มุ่งสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนของประเทศต่อไป

บรรณานุกรม

โครงการโรงเรียนต้นแบบ ทำดีเพื่อพ่อ เศรษฐกิจพอเพียง. จาก http://www.tei.or.th/se/about.html

โครงการห้องเรียนสีเขียว. สืบค้นเมื่อ 26 กุมภาพันธ์ 2556, จาก http://glr.egat.co.th/greenschool-2.php

บันทึกเหตุการณ์มหาอุทกภัย 2554. สืบค้นเมื่อ 26 กุมภาพันธ์ 2556, จาก http://www.thaiwater.net/current/flood54.html

สถาบันธรรมรัฐเพื่อการพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม. (2554). *จับกระแส Rio+20 สู่สังคมไทย.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สกสค. ลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. กระทรวงศึกษาธิการ. (2554). *หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐาน การออกแบบและเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สกสค. ลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. กระทรวงศึกษาธิการ. (2554). *หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐาน การออกแบบและเทคโนโลยี ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สกสค. ลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. กระทรวงศึกษาธิการ. (2554). *หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐาน การออกแบบและเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สกสค. ลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. กระทรวงศึกษาธิการ. (2554). *หนังสือเสริมการเรียนรู้ การออกแบบและเทคโนโลยี.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สกสค. ลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. กระทรวงศึกษาธิการ. (2553). *หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐาน การออกแบบและเทคโนโลยี ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สกสค. ลาดพร้าว.

สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ. (2555). สู่เศรษฐกิจสีเขียว. *วารสาร Horizon,3*(10), 30-35.

ขยะแต่ละชนิดควรทิ้งลงในถังขยะที่เหมาะสม โดยขยะที่นำกลับมาใช้ใหม่ควรทิ้งลงในถังสีเหลือง

เหมือนฝัน เยาว์วิวัฒน์
นักวิชาการ สาขาคณิตศาสตร์ประถมศึกษา สสวท. / e-mail : mchai@ipst.ac.th

เตรียมตัวเข้าสู่ประชาคมอาเซียน... ไขข้อสงสัย...ทำไม เด็กสิงคโปร์จึงเก่งคณิตศาสตร์?

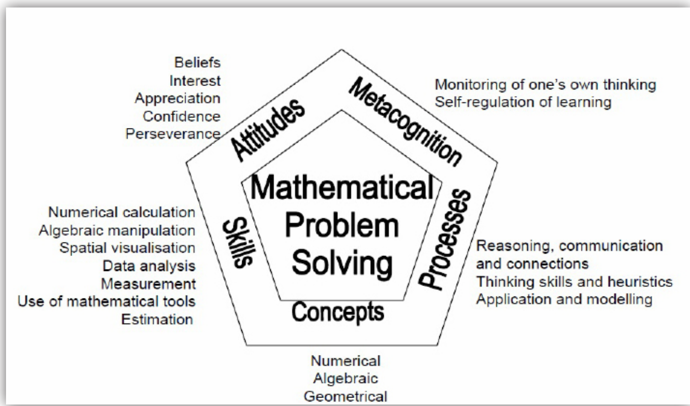
ประเทศสิงคโปร์ หรือชื่อทางการคือ สาธารณรัฐสิงคโปร์ (Republic of Singapore) ประเทศเล็ก ๆ ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ที่มีความเจริญก้าวหน้าทางเศรษฐกิจเป็นอันดับต้น ๆ และยังจัดเป็นประเทศต้นแบบทางการศึกษาที่นักวิชาการนานาชาติต่างให้การยอมรับ โดยดูได้จากผลการวิจัยในโครงการ TIMSS และ PISA ที่เด็กสิงคโปร์สามารถทำคะแนนคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะด้านการแก้ปัญหา (Problem solving) ได้อย่างดีเยี่ยม

หากย้อนความหลังถึงประวัติศาสตร์ของประเทศสิงคโปร์ดูแล้ว ประเทศสิงคโปร์จัดเป็นประเทศใหม่ เนื่องจากประเทศสิงคโปร์เคยรวมเป็นส่วนหนึ่งของประเทศมาเลเซียมาอย่างยาวนาน และได้แยกออกมาเป็นอิสระ ปกครองตัวเองในปี ค.ศ. 1965 ซึ่งนับถึงวันนี้ก็เป็นเวลาเพียง 47 ปีเท่านั้น จากประเทศด้อยพัฒนา...ประเทศโลกที่สาม ที่คนสิงคโปร์บางคนบอกว่าเขาเคยเป็นประเทศที่จนที่สุดของอาเซียน แต่ทุกวันนี้ประเทศสิงคโปร์กลายเป็นประเทศที่ใครหลายคนต้องจับตามอง

เนื่องจากสิงคโปร์เป็นประเทศที่เล็กมาก มีพื้นที่เพียง 1,864 ตารางกิโลเมตรเท่านั้น (ลองเทียบกับจังหวัดปัตตานีของไทยที่มีพื้นที่ 1,940 ตารางกิโลเมตร) และขาดแคลนทรัพยากรธรรมชาติ ไม่มีแม้แต่น้ำจืดสำหรับการบริโภค ต้องสั่งซื้อทุกอย่างจากต่างประเทศ ดังนั้นสิงคโปร์จึงมุ่งพัฒนาประชากร ซึ่งเป็นทรัพยากรหลักของประเทศให้มีคุณภาพเพื่อเป้าหมายในการพัฒนาระบบเศรษฐกิจ รัฐบาลพยายามดึงความสามารถ ศักยภาพสูงสุดของประชากรออกมา และสิ่งหนึ่งที่นำเข้ามาเป็นหัวใจหลักในระบบการศึกษาก็คือ **การสอนให้รู้จักคิด และวิชาคณิตศาสตร์ คือคำตอบแรก ๆ สำหรับการพัฒนาขีดความสามารถในการคิดของชาวสิงคโปร์**

จากการแยกตัวออกมาปกครองตัวเอง สิงคโปร์ค่อยๆ เปลี่ยนแปลง และวางแผนการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ โดย**ในปี ค.ศ.1980 นักวิชาการได้เริ่มทำหลักสูตรที่เน้นการแก้ปัญหา (Problem solving curriculum) มีการทดลองใช้หลักสูตร และปรับปรุงเรื่อยมา ต่อมาในปี 1997 กระทรวงศึกษาธิการได้กำหนดวิสัยทัศน์ของการศึกษา คือ 'โรงเรียนแห่งการคิด และชนชาติแห่งการเรียนรู้' (Thinking Schools, Learning Nation) ที่ทำให้เห็นว่าสิงคโปร์เน้นความสำคัญของการคิดมากเพียงใด**

กรอบหลักสูตรคณิตศาสตร์ของประเทศสิงคโปร์



ที่มา : Mathematics Primary Syllabus, Ministry of Education, Singapore

ในโรงเรียนของสิงคโปร์ มุ่งเน้นให้นักเรียนทุกคนได้พัฒนาและฝึกทักษะการคิด

แม้แต่เด็กที่คิดว่าเรียนรู้ได้ช้าที่สุดในชั้นเรียนก็สามารถคิดได้ ด้วยความเชื่อที่ว่าทุกคนสามารถคิดได้ด้วยตนเอง สามารถหาข้อผิดพลาดของตนเองได้ การเรียนคณิตศาสตร์ในห้องเรียนจึงไม่ใช่การเรียนด้วยการจำสูตร การทำตามตัวอย่าง การทำโจทย์ด้วยวิธีที่ครูบอก แต่เป็นการเรียนรู้และคิดได้ด้วยตนเอง ซึ่งนี่คือกฎสำคัญของการพัฒนาหลักสูตร หนังสือเรียน และการอบรมครูของสิงคโปร์ โดยองค์ประกอบเหล่านี้ได้ถูกพัฒนาไปในแนวทางเดียวกัน

มาเข้าสู่ชั้นเรียนของสิงคโปร์กันบ้างดีกว่า การเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษาของสิงคโปร์ จะเรียนคณิตศาสตร์วันละ 2 คาบ คาบละ 30 นาที ซึ่งก็คิดเป็น 1 ชั่วโมงพอดิบพอดี โดยการจัดการเรียนการสอนที่เน้นการแก้ปัญหานั้น จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ ๆ ได้แก่

1. **20 นาทีแรก** ครูให้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่ต้องการให้ช่วยกันคิดทั้งห้อง จนนักเรียนได้แนวคิด หรือฝึกทักษะที่ต้องการ
2. **20 นาทีต่อมา** ให้นักเรียนฝึกฝนเพิ่มเติมโดยทำงานเป็นกลุ่ม แล้วครูเดินตรวจผลงานของนักเรียนรายกลุ่ม และช่วยแก้ไขข้อผิดพลาด
3. **20 นาทีสุดท้าย** ให้นักเรียนทำงานรายบุคคล

เนื่องจากความคิดพื้นฐานในระบบการศึกษาของสิงคโปร์ คือเด็กทุกคนสามารถคิดได้ บทบาทของครูจะเป็นเพียงผู้อำนวยความสะดวก สร้างสถานการณ์หรือให้โอกาสหรือกระตุ้นให้นักเรียนได้พัฒนาการคิด และการใช้การคิดนี้ ก็ไม่ใช่เฉพาะตอนที่ให้ทำโจทย์ประยุกต์เท่านั้น แต่นักเรียนสามารถใช้กระบวนการคิดได้ในทุกขั้นตอน ตั้งแต่ในการสอนความรู้พื้นฐาน หรือแม้ในช่วงการฝึกทำโจทย์เพิ่มเติม ดังนั้นทุกกระบวนการของการสอนในห้องเรียนจึงเต็มไปด้วยการอภิปราย โต้ตอบ แสดงแนวทางแก้ปัญหา และข้อคำถามระหว่างครูกับนักเรียน และระหว่างนักเรียนกับนักเรียนตลอดเวลา

ยกตัวอย่างการสอนความรู้พื้นฐานในบทเรียนเรื่องการคูณด้วย 6 ครูสิงคโปร์อาจเริ่มต้นบทเรียนด้วยการวางถ้วยกระดาษที่มีเมล็ดถั่ว ถ้วยละ 6 เมล็ด ไว้บนโต๊ะของนักเรียนกลุ่มละ 2 ถ้วย แล้วถามนักเรียนในชั้นเรียนว่า “บนโต๊ะมีถั่วทั้งหมดกี่เมล็ด” จากนั้นให้นักเรียนตอบและอธิบายว่านักเรียนรู้ได้อย่างไร ซึ่งนักเรียนอาจตอบได้หลากหลาย เช่น “นับรวมกันค่ะ” “6 บวกกับ 6 ครับ” จากนั้นครูแนะนำสัญลักษณ์การคูณ ว่าแสดงได้ด้วย 2×6 แล้วถามเพิ่มให้นักเรียนคิดว่าหากมีถ้วยกระดาษ 3 ถ้วย หรือ 4 ถ้วย หรือ 5 จะมีถั่วทั้งหมดกี่เมล็ด ให้นักเรียนอธิบาย ซึ่งนักเรียนก็อาจจะใช้การคูณด้วย 2 หรือบวกเพิ่ม หรือวิธีการอื่น ๆ โดยใช้สิ่งที่นักเรียนรู้มาเชื่อมโยง เช่น

รู้ว่า $2 \times 6 = 12$ ก็จะสามารถ รู้ว่า $3 \times 6 = 18$ ได้ (จาก $2 \times 6 = 12$ บวกอีก 6 จะได้ 18) หรือ $4 \times 6 = 24$ (จาก $2 \times 6 = 12$ ดังนั้น 4×6 ได้จาก 12×2 หรือ $12 + 12$) หรือรู้ว่า $2 \times 6 = 12$ และ $3 \times 6 = 18$ แล้ว ก็จะสามารถหาว่า $5 \times 6 = 12 + 18 = 30$

เป็นต้น ซึ่งในห้องเรียนครูต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิด และอธิบายวิธีการของตนเอง ให้ได้วิธีที่แตกต่างกัน จนนักเรียนสามารถหาผลคูณของจำนวน 1 หลัก กับ 6 ได้ โดยที่นักเรียนไม่จำเป็นต้องท่องสูตรคูณแม่ 6 ได้

หลังจากเห็นตัวอย่างการเรียนการสอนในห้องเรียนสิงคโปร์ และเบื้องหลังที่มาของหลักสูตรคณิตศาสตร์ที่เน้นการแก้ปัญหาและกระบวนการคิด รวมถึงวิสัยทัศน์ของระบบการศึกษา ต้องบอกว่า...ไม่แปลกใจเลยว่าทำไมเด็กสิงคโปร์จึงเก่งคณิตศาสตร์ ก็เพราะการศึกษาในสิงคโปร์เน้นมากกับการเปิดโอกาสและกระตุ้นให้นักเรียนได้คิด ได้พูด โดยครูมีหน้าที่ตั้งคำถาม ชักชวน และให้เวลากับนักเรียนเพื่อคิดและอธิบายเหตุผล ไม่ใช่การสอนเฉพาะกระบวนการเพื่อให้เด็กทำได้ จำได้เท่านั้น แต่เป็นการจัดสิ่งแวดล้อมเพื่อให้เด็กได้เรียนรู้ เข้าใจ และสามารถนำเครื่องมือซึ่งคือทักษะในการคิดไปต่อยอดในการเรียนคณิตศาสตร์ในทุก ๆ เรื่องได้ หรือพูดอีกนัยหนึ่ง กุญแจแห่งความสำเร็จของการศึกษาวิชาคณิตศาสตร์ หรืออาจรวมถึงวิชาอื่น ๆ ของสิงคโปร์ ก็คือ ‘การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิด’ นั่นเอง

มองการศึกษาของประเทศสิงคโปร์แล้ว คงได้เวลาที่เราต้องกลับมาย้อนมองดูการศึกษาของไทย ทบทวน เปิดความคิด เปิดใจว่าหลักสูตรและการเรียนการสอนในห้องเรียนของไทยพร้อมแล้วหรือยัง และเราจะต้องปรับปรุง เปลี่ยนแปลงอย่างไร เพื่อจะเตรียมตัวพัฒนา และหล่อหลอมเด็กไทยให้มีศักยภาพเพียงพอ ให้พร้อมที่จะยืนอยู่ในประชาคมอาเซียนในอีก 3 ปีข้างหน้าอย่างสง่างาม

ดร. สุทัศน์ ยกส้าน
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

Cecilia Payne – Gaposchkin

นับตั้งแต่ยุคของ Anaxagoras เมื่อ 2,800 ปีก่อน ผู้คนมักเชื่อว่า ดาวบนฟ้าทุกดวงและโลกประกอบด้วยธาตุ เช่น เหล็ก แคลเซียม และออกซิเจน ฯลฯ เหมือนกัน จนกระทั่งนักดาราศาสตร์สตรีท่านหนึ่ง ได้พบในปี ค.ศ.1923 ว่า การนึกคิดและเชื่อเช่นนั้นผิดอย่างร้ายแรง เพราะเอกภพประกอบด้วยไฮโดรเจนเป็นส่วนใหญ่ (ในสมัยนั้นยังไม่มีใครรู้จักสสารมืด) และวิทยานิพนธ์ของเธอที่เขียนเกี่ยวกับเรื่องนี้ได้รับการยกย่องว่าเป็นวิทยานิพนธ์ดาราศาสตร์ที่ยิ่งใหญ่ที่สุดแห่งคริสต์ศตวรรษที่ 20 แม้การค้นพบของเธอจะยิ่งใหญ่ แต่ทุกวันนี้ก็แทบไม่มีใครรู้จักเธอเลย

เธอชื่อ Cecilia Payne-Gaposchkin ผู้เคยดำรงตำแหน่งศาสตราจารย์สตรีคนแรก ของมหาวิทยาลัย Harvard แต่ก่อนจะได้ครองตำแหน่งนี้เธอต้องประสบความยากลำบากมาก เพราะเธอได้รับเข้าทำงานโดยไม่มีเงินเดือนประจำ จึงต้องอาศัยความเมตตา และได้รับการอนุเคราะห์จากภาควิชาว่าให้เบิกเงินเดือนของเธอจากค่าอุปกรณ์ทดลอง

Cecilia Payne เกิดเมื่อวันที่ 10 พฤษภาคม ค.ศ.1900 ที่เมือง Wendover ใน Buckinghamshire ประเทศอังกฤษ ในครอบครัวของ Edward J. Payne กับ Emma L. Helena Payne เมื่ออายุ 4 ขวบ บิดาของเธอได้เสียชีวิต มารดาจึงต้องรับภาระเลี้ยงดูครอบครัวที่มีลูก 3 คน แต่เพียงผู้เดียว Cecilia Payne ได้เข้าเรียนขั้นต้นที่โรงเรียน St. Paul's ซึ่งเป็นโรงเรียนสตรี แต่เมื่อแม่ไม่ต้องการจะให้เธอเรียนถึงระดับมหาวิทยาลัย โดยอ้างว่าจะเก็บเงินให้เฉพาะลูกชายเรียน Cecilia Payne จึงต้องหาทุนเรียนหนังสือเอง

เมื่ออายุ 19 ปี เธอได้รับทุนไปเรียนที่ Newnham College แห่งมหาวิทยาลัย Cambridge ในสาขาวิทยาศาสตร์ ทำให้ได้เรียนวิชาชีววิทยา ฟิสิกส์ และเคมี ครั้นเมื่อได้เข้าฟังสัมมนาของนักดาราศาสตร์ชื่อ Arthur Eddington ซึ่งบรรยายเรื่องการเดินทางไปเกาะ Principe ที่ตั้งอยู่ในอ่าว Guinea ในมหาสมุทรแปซิฟิก เพื่อทำการตรวจสอบความถูกต้องของทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไป ด้วยการถ่ายภาพของดาวฤกษ์ที่อยู่ข้างหลังดวงอาทิตย์ ในปี ค.ศ.1919 เธอได้ตกหลุมรักวิชาดาราศาสตร์ทันที และได้พยายามเรียนจนจบการศึกษาระดับปริญญาตรี แต่ไม่ได้รับปริญญา เพราะมหาวิทยาลัย Cambridge ไม่สามารถประสาทปริญญาให้แก่สตรีจนกระทั่งปี ค.ศ.1948

Payne รู้ดีว่า ถ้าเธอใช้ชีวิตอยู่ต่อไปในอังกฤษ เธอจะต้องมีอาชีพเป็นครูสถานเดียว ดังนั้นจึงแสวงหาทุนเพื่อไปเรียนต่อในอเมริกา หลังจากที่ได้พบกับ Harlow Shapley ซึ่งขณะนั้นดำรงตำแหน่งเป็นผู้อำนวยการของหอดูดาวที่ Harvard College ในอเมริกา และเขาได้บอก Payne ว่า มหาวิทยาลัย Harvard กำลังจะเปิดโปรแกรมสอนดาราศาสตร์ระดับปริญญาโทและเอก Shapley จึงขอทุนให้เธอไปเรียนต่อที่ Harvard ในปี ค.ศ.1923

ปัญหาหนึ่งที่นักดาราศาสตร์ในสมัยนั้นสนใจมากคือ การวิเคราะห์สเปกตรัมของแสงจากดาวฤกษ์ เพื่อหาองค์ประกอบของดาวฤกษ์

ในอดีตเมื่อปี ค.ศ.1859 Gustav Kirchhoff ได้พบว่า เมื่อนำธาตุมาเผาไฟ ธาตุที่ร้อนจะเปล่งแสงที่มีความยาวคลื่นต่าง ๆ ออกมา หลังจากที่ได้

เปรียบเทียบคลื่นแสงจากธาตุร้อนกับแสงจากดวงอาทิตย์แล้ว Kirchhoff ก็สรุปว่า ดวงอาทิตย์และโลกประกอบด้วยธาตุต่าง ๆ เหมือนกัน

ลุถึงปี ค.ศ.1920 Meghnad Saha นักฟิสิกส์ทฤษฎีชาวอินเดีย ได้ศึกษาการแตกตัวเป็นไอออน (Ion) ของอะตอมที่อุณหภูมิสูง และได้พบว่าปริมาณการแตกตัว (จำนวนอิเล็กตรอนที่กระเด็นหลุดจากอะตอม) จะมีมากหรือน้อยขึ้นกับอุณหภูมิ สมการ Saha ยังระบุอีกว่า ที่อุณหภูมิต่าง ๆ อะตอมกี่เปอร์เซ็นต์จะสูญเสียอิเล็กตรอน 1 ตัว, 2 ตัว, ... ซึ่งจะมีผลทำให้เห็นเส้นสเปกตรัม

ในปี ค.ศ.1923 Cecilia Payne จึงนำสูตรของ Saha มาประยุกต์เพื่อวิเคราะห์อุณหภูมิของดาวฤกษ์ อันจะทำให้ได้รู้ว่า ดาวฤกษ์ใดร้อนหรือเย็น และเธอก็ได้พบว่า ดาวฤกษ์ต่าง ๆ มีความแตกต่างกันที่อุณหภูมิ แต่มิได้แตกต่างกันที่องค์ประกอบ นั่นคือดาวฤกษ์ทุกดวงมีองค์ประกอบเหมือนกัน สำหรับในกรณีของดวงอาทิตย์ที่มีอุณหภูมิที่ผิวสูงประมาณ 6,000 เคลวิน นั้น Cecilia Payne ได้พบว่า อะตอมไฮโดรเจน และอะตอมฮีเลียมบนดวงอาทิตย์ ส่วนใหญ่จะสูญเสียอิเล็กตรอนไปหนึ่งตัว นอกจากนี้มวลของดวงอาทิตย์ประมาณ 98% มาจากไฮโดรเจนกับฮีเลียม

ข้อสรุปนี้จึงทำให้ดวงอาทิตย์แตกต่างจากโลก เพราะโลกมีไฮโดรเจนเพียงน้อยนิด และแทบไม่มีฮีเลียมเลย นอกจากนี้ Cecilia Payne ยังได้พบอีกว่า บนดวงอาทิตย์มี silicon, carbon ในปริมาณพอ ๆ กับโลก แต่สำหรับไฮโดรเจน และฮีเลียมบนดวงอาทิตย์มีมากกว่าบนโลกในอัตราส่วน 10^6:1

Cecilia Payne จึงสรุปว่าดาวฤกษ์ประกอบด้วยไฮโดรเจนเป็นส่วนใหญ่

Shapley จึงให้ Cecilia Payne เรียบเรียงวิทยานิพนธ์เรื่อง “Stellar Atmosphere” เพื่อส่งไปให้ Henry Norris Russell ผู้มีชื่อเสียงโด่งดังด้านการวิเคราะห์สเปกตรัมของดาวฤกษ์เป็นผู้ประเมิน

ทันทีที่ Russell เห็นข้อสรุปของ Payne เขาได้อุทานออกมาว่า “เรื่องที่เป็นไปไม่ได้” เพราะใคร ๆ ก็รู้ว่า ดวงอาทิตย์มีธาตุหนัก เช่น อะลูมิเนียม เหล็ก ฯลฯ เหมือนโลก ดังนั้น เขาจึงขอให้ Payne เพิ่มเติมข้อสรุปใหม่เป็นว่า สิ่งที่เห็นนั้นไม่น่าเชื่อว่าจะเป็นจริง

Cecilia Payne ยอมเปลี่ยนบทสรุปเพื่อเธอจะได้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอก แล้วเธอก็ได้ชื่อว่าเป็นดุษฎีบัณฑิตด้านดาราศาสตร์คนแรกของมหาวิทยาลัย Harvard

อีก 4 ปีต่อมาเมื่อ Russell หันไปศึกษาองค์ประกอบของดาวฤกษ์บ้าง เขาก็ได้ข้อสรุปเช่นเดียวกับ Cecilia Payne บทความของ Russell ที่ตีพิมพ์ในวารสาร The Astrophysical Journal ในตอนท้ายได้อ้างถึงการค้นพบของเขาว่าตรงกับที่ Cecilia Payne ได้เคยศึกษาไว้ แต่กระทั่งถึงวันนี้ใคร ๆ ก็ยังคิดว่า Russell คือผู้ที่พบว่าดวงอาทิตย์ประกอบด้วยไฮโดรเจนเป็นส่วนใหญ่

หลังจากที่สำเร็จการศึกษาแล้ว Cecilia Payne ได้งานทำเป็นผู้ช่วยของ Shapley ที่มหาวิทยาลัย Harvard แต่บรรดานักวิจัยอาวุโสทั้งหลายมิได้ให้เธอวิเคราะห์สเปกตรัมของดาวฤกษ์อีก เพราะกลัวเธอจะพบอะไรที่แตกต่างจากความรู้เดิมมาก จนทำให้ผู้คนในโลกวิชาการแตกตื่นกันไปหมด พวกเขาจึงจัดให้เธอศึกษาดาวแปรแสงแทน และเธอก็ได้ศึกษาดาวประเภทนี้ไปจนตลอดชีวิต

ในปี ค.ศ.1931 Payne ได้แปลงสัญชาติเป็นชาวอเมริกัน อีก 2 ปีต่อมาขณะเธอไปทัศนาจรในยุโรป เธอได้พบกับนักฟิสิกส์ดาราศาสตร์ชาวรัสเซียคนหนึ่ง ชื่อ Sergei I. Gaposchkin ที่ประเทศเยอรมนี เพราะเธอตกหลุมรักเขา จึงจัดการช่วยให้ Gaposchkin ได้วีซ่าเข้าสหรัฐอเมริกา ทั้งสองได้แต่งงานกันในปี ค.ศ.1934 และมีลูก 3 คน

Payne - Gaposchkin ยังทำงานต่อไปที่มหาวิทยาลัย Harvard ในตำแหน่งผู้ช่วยของ Shapley ตั้งแต่ปี ค.ศ.1927 - 1938 ทั้ง ๆ ที่ได้รับเงินเดือนน้อย และไม่มีตำแหน่งวิชาการเลย การเป็นที่ไม่ยอมรับทั้ง ๆ ที่เธอมีความสามารถมาก ทำให้เธอคิดจะลาออกจากมหาวิทยาลัย Harvard หลายครั้ง และเพื่อเป็นการดึงตัวเธอไว้ในปี ค.ศ.1938 Shapley จึงได้เลื่อนตำแหน่งของเธอเป็น “นักดาราศาสตร์”

จนกระทั่งถึงปี ค.ศ.1956 เธอจึงได้ครองตำแหน่งศาสตราจารย์เต็มตัว Cecilia Payne - Gaposchkin เสียชีวิตเมื่อวันที่ 7 ธันวาคม ค.ศ. 1979 สิริอายุ 79 ปี ที่เมือง Cambridge ในรัฐ Massachusetts

ตลอดชีวิตเธอมีผลงานตีพิมพ์ประมาณ 150 เรื่อง และเขียนหนังสือหลายเล่ม เช่น Stars of High Luminosity (1930) Variable Stars (1938) The Galactic Novae (1957) เป็นต้น และได้รับเลือกเป็นสมาชิกของ The Royal Astronomical Society ตั้งแต่เมื่อครั้งที่ยังเป็นนิสิตปริญญาเอก ณ วันนี้ดาวเคราะห์น้อยดวงที่ 2039 มีชื่อเธอคือ Payne - Gaposchkin

เมื่อสองปีก่อนที่เธอจะเสียชีวิต คือในปี ค.ศ.1977 ทางสมาคม The American Astronomical Society ได้มอบรางวัล Henry Norris Russell ให้แก่เธอ ซึ่งเป็นเรื่องที่น่าคิด เพราะ Russell ในตอนต้นไม่ได้เชื่อและไม่ยอมรับในความสามารถของเธอที่เป็นผู้หญิงที่มีอายุน้อย (23 ปี) และเก่งคนนี้เลย

ในปี ค.ศ.2001 Dudley R. Herschbach ผู้พิชิตรางวัลโนเบลสาขาเคมีประจำปี ค.ศ.1989 ได้ประสบความสำเร็จในการรณรงค์ในมหาวิทยาลัย Harvard ให้มีการนำภาพเหมือนของ Payne-Gaposchkin มาประดับในห้องประชุมของมหาวิทยาลัย Harvard โดยเขาได้แบ่งส่วนหนึ่งของเงินรางวัลโนเบลที่เขาได้รับไปจ้างจิตรกรให้วาดภาพเหมือนของ Cecilia Payne-Gaposchkin ในราคา 15,000 เหรียญ และให้เหตุผลว่า มหาวิทยาลัย Harvard มีอาจารย์สตรีจำนวนค่อนข้างน้อย และถ้าพิจารณาอาจารย์ผู้หญิงที่สมควรยกย่องให้มีภาพประดับห้องประชุมของมหาวิทยาลัย จำนวนก็ยิ่งน้อยลงไปอีก แต่ถ้าจะมีการยกย่องกันจริง Cecilia Payne-Gaposchkin ก็เป็นอาจารย์สตรีที่สมควรยกย่องมากที่สุด ในที่สุดมหาวิทยาลัย Harvard ก็เห็นด้วย

บรรณานุกรม

Haramudanis, K., et al. (1986). *Cecilia Payne - Gaposchkin: An Autobiography and Other Recollections.* Cambridge: Cambridge University Press.

หนังสือน่าอ่าน

“หนังสือน่าอ่าน” ฉบับนี้ ขอแนะนำหนังสือดีที่เหมาะสำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษาที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ และมีความสนใจที่จะศึกษาเพิ่มเติม ตั้งใจทบทวน ฝึกฝน และทดสอบความสามารถของตนเองอย่างสม่ำเสมอ จำนวน 4 เล่ม ดังนี้

ชื่อหนังสือ	วิทยาศาสตร์อัจฉริยะ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 พ.ศ. 2554 แนวคิดข้อสอบวิชาวิทยาศาสตร์ โครงการพัฒนาอัจฉริยภาพทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์
ชื่อผู้แต่ง	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ผู้ผลิตและจำหน่าย	บริษัท ไฮเอ็ดพับลิชชิ่ง จำกัด
จำนวนหน้า/ราคา	280 หน้า ราคา 58 บาท

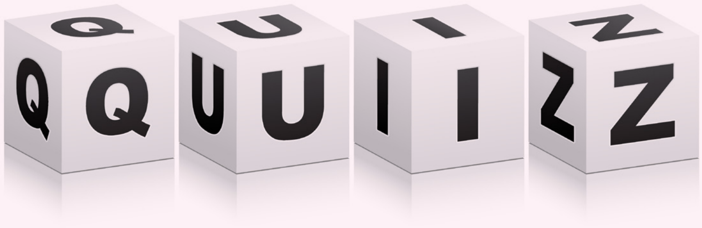
ชื่อหนังสือ	วิทยาศาสตร์อัจฉริยะ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 พ.ศ. 2554 แนวคิดข้อสอบวิชาวิทยาศาสตร์ โครงการพัฒนาอัจฉริยภาพทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์
ชื่อผู้แต่ง	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ผู้ผลิตและจำหน่าย	บริษัท ไฮเอ็ดพับลิชชิ่ง จำกัด
จำนวนหน้า/ราคา	264 หน้า ราคา 68 บาท

ชื่อหนังสือ	คณิตศาสตร์อัจฉริยะ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 พ.ศ. 2554 แนวคิดข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์ โครงการพัฒนาอัจฉริยภาพทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์
ชื่อผู้แต่ง	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ผู้ผลิตและจำหน่าย	บริษัท ไฮเอ็ดพับลิชชิ่ง จำกัด
จำนวนหน้า/ราคา	280 หน้า ราคา 58 บาท

ชื่อหนังสือ	คณิตศาสตร์อัจฉริยะ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 พ.ศ. 2554 แนวคิดข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์ โครงการพัฒนาอัจฉริยภาพทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์
ชื่อผู้แต่ง	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ผู้ผลิตและจำหน่าย	บริษัท ไฮเอ็ดพับลิชชิ่ง จำกัด
จำนวนหน้า/ราคา	264 หน้า ราคา 68 บาท

หนังสือทั้ง 4 เล่มนี้ เป็นหนังสือที่อยู่ในชุดคณิตศาสตร์อัจฉริยะ และชุดวิทยาศาสตร์อัจฉริยะ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 และชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้รวบรวมมาจากแนวคิดข้อสอบวิชาวิทยาศาสตร์ และวิชาคณิตศาสตร์ ที่ใช้ในการสอบแข่งขันในโครงการพัฒนาอัจฉริยภาพทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 โดยได้ทยอยจัดพิมพ์เผยแพร่ ตลอดมา สำหรับ 4 เล่มที่นำมาแนะนำครั้งนี้ เป็นแนวคิดข้อสอบวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ที่ใช้ในการแข่งขันประจำปี พ.ศ. 2554 แต่ละเล่มประกอบด้วยข้อสอบจำนวน 30 – 50 ข้อ แต่ละข้อมีเฉลยคำตอบที่ถูกต้อง และมีคำอธิบายวิธีคิดเพื่อให้ได้คำตอบ หรือแนวคิดในการแก้ปัญหาโจทย์ของข้อสอบนั้น ๆ อย่างละเอียด นักเรียนสามารถใช้ประโยชน์จากหนังสือชุดนี้ได้อย่างเต็มที่ ในการใช้ฝึกฝน เพื่อพัฒนาศักยภาพของตัวนักเรียนเอง นอกจากนั้นหนังสือชุดนี้ยังเหมาะสำหรับครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษาที่สนใจจะนำแนวทางของแบบทดสอบไปศึกษาและปรับใช้เพื่อทดสอบนักเรียน รวมไปถึงผู้ปกครองและผู้สนใจทุกคนนำไปศึกษาเพื่อให้คำแนะนำแก่บุตรหลานของตนได้

สนใจสั่งซื้อหนังสือทั้ง 4 เล่มนี้ได้ที่สำนักบริการวิชาการและบริหารทรัพย์สิน สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 924 ถนนสุขุมวิท เขตคลองเตย กรุงเทพมหานคร 10110 โทร. 0-2392-4021, 0-2335-5222 ต่อ 3102 และ 3106 www.facebook.com/ร้านหนังสือ สสวท. e-mail: bookstore@ipst.ac.th



สวัสดีจ้า ฉบับนี้เป็นฉบับที่ 3 แล้ว ที่ สสวท. ได้เปลี่ยนรูปแบบนิตยสารเป็นแบบ electronic version คุณ ๆ สามารถเข้าไปอ่านได้ที่ http://emagazine.ipst.ac.th/ ซึ่งเป็นการอำนวยความสะดวกให้กับคุณ ๆ ผู้อ่าน ให้สามารถคลิกไปยังลิงก์ต่าง ๆ ในโลกอินเทอร์เน็ตได้ทันทีทันใด ต่ายจึงได้แนวคิดที่จะหาสื่อต่าง ๆ มาให้คุณ ๆ ได้เลือกดู เลือกนำไปใช้ประโยชน์ในการเรียนการสอนได้ สำหรับฉบับนี้ต่ายภูมิใจนำเสนอการ์ตูนแอนนิเมชัน ที่ผลิตโดยใช้เทคนิค "Stop Motion Technique" เรื่อง "Doggy Poo" ที่ต่ายคิดว่าน่าจะมีชื่อไทยว่า "การผจญภัยของขี้หมาน้อย" ให้เด็ก ๆ ได้มองเห็นความสำคัญของสิ่งเล็ก ๆ ซึ่งคนทั่วไปมักจะมองข้ามไป หรือมองไม่เห็นประโยชน์อะไรของสิ่งนั้นเลย และบทสรุปในตอนท้ายก็จะเห็นว่า ทุกสิ่งทุกอย่างที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติบนโลกใบนี้มีหน้าที่และความสำคัญในตัวเองทั้งนั้น ความสัมพันธ์ที่สอดคล้องลงตัวทำให้โลกเกิดสมดุล เพียงแต่ว่าคุณจะมองเห็นและเข้าใจมันหรือไม่ การ์ตูนแอนนิเมชันมีความยาวประมาณ 30 นาที ถูกอัพโหลด ลงใน www.youtube.com และพากย์เสียงภาษาอังกฤษทับลงไป แบ่งเป็น 4 คลิป และมีรายละเอียดตามที่ต่ายสรุป ไว้ให้อ่านกัน เพื่อที่จะทำให้ง่ายสำหรับคุณครูเวลานำไปใช้เป็นสื่อในการเรียนการสอนจ้า

http://www.youtube.com/watch?v=argbjMdueug ชื่อ Doggy Poo [1/4] [English dub]

ตอนที่ 1 เป็นคลิปที่ตัดให้มีความยาวประมาณ 10 นาที เป็นการเปิดตัว "ขี้หมาน้อย" ที่ถูกนกแสดงกริยารังเกียจอย่างออกหน้าออกตา และ "ก้อนขี้ดิน" ก็ยังเผลอพูดในทำนองเดียวกัน แต่ต่อมาก้อนขี้ดินก็ปลอบใจขี้หมาน้อย โดยเล่าเรื่องเกี่ยวกับประโยชน์ของตนที่มีในไร่พืชมากมายหลายชนิด ทั้งพืชดอกชนิดต่าง ๆ และมันฝรั่งต่างก็มาเติบโตเป็นหัวมันฝรั่งอยู่รอบ ๆ ก้อนขี้ดิน แสดงให้เห็นถึงประโยชน์ของก้อนขี้ดินและท้ายสุดก้อนขี้ดินก็พูดถึงสิ่งที่ตนเองรู้สึกเสียใจมาก คือการทำให้ต้นพริกไทยตายในฤดูร้อนปีที่แล้ว เนื่องจากไม่มีฝนตกเลย และต้นพริกไทยก็พยายามดูดน้ำจากตน ทำให้ก้อนขี้ดินอธิษฐานอยากให้ต้นพริกไทยตาย ๆ ไปซะ และสุดท้ายต้นพริกไทยก็ตายไปจริง ๆ ทำให้ก้อนขี้ดินรู้สึกผิดที่คิดไปเช่นนั้น ขี้หมาก็ปลอบใจก้อนขี้ดินว่าเป็นเพราะอากาศร้อนไม่มีฝนตกต่างหากล่ะ

http://www.youtube.com/watch?v=X2f3hsxNGnU ชื่อ Doggy Poo [2/4] [English dub]

ตอนที่ 2 เป็น 10 นาทีต่อมาที่ภาพแสดงให้เห็นว่ามีเกวียนของเกษตรกรผ่านมา ทำให้ก้อนขี้ดินคิดว่าตัวเองจะต้องตายแน่ ๆ แต่สุดท้ายก้อนขี้ดินก็จากขี้หมาน้อยไปด้วยสาเหตุใดอยากให้ติดตาม และก้อนขี้ดินได้ทิ้งคำพูดให้ขี้หมาน้อยได้คิดว่า "ทุกสิ่งทุกอย่างถูกสร้างมาด้วยวัตถุประสงค์ที่เฉพาะ" แต่สุดท้ายขี้หมาน้อยก็ถูกทิ้งให้อยู่เดียวดายเช่นนั้น ความมืด ความกลัว เข้าครอบงำในยามค่ำคืน จะเกิดอะไรขึ้นกับขี้หมาน้อย.... ต่อมาขี้หมาน้อยได้พบกับใบไม้ และใบไม้ก็ได้เล่าเรื่องราวที่ไปที่มาของใบไม้ให้ฟัง ว่ามีการเจริญเติบโตและเปลี่ยนแปลงอย่างไร และเมื่อล่วงหล่นจากต้นไม้ก็ต้องถูกกระแสลมพัดไป โดยไม่รู้ว่าจะต้องไปพบกับอะไรบ้าง ในที่สุดใบไม้แห้งก็ถูกลมพัดจากขี้หมาน้อยไป

http://www.youtube.com/watch?v=YkyNggv74EI ชื่อ Doggy Poo [3/4] [English dub]

ตอนที่ 3 เป็นอีก 10 นาที ที่เรื่องราวนำไปสู่การพบกันของแม่ไก่และลูกไก่ 13 ตัว กับขี้หมาน้อย ซึ่งขี้หมาน้อยเรียกไก่ว่า "นกที่เดินได้" และแม่ไก่ก็พาลูกไก่เดินจากขี้หมาน้อยไปและบอกลูกไก่ว่า "ขี้หมาน้อยไม่ใช่สิ่งที่ดีสำหรับลูก ๆ

เลย" เมื่อเวลาค่ำมาถึง ขี้หมาน้อยมองเห็นดาวบนฟ้าก็อยากจะเป็นแบบดาวบนฟ้าบ้าง เมื่อฝนตกมา ต้นแดนดิไลออนก็ได้งอกขึ้นมาใกล้ ๆ กับขี้หมาน้อย ทำให้ขี้หมาน้อยตื่นเต้นและแปลกใจมาก และคุยกับต้นแดนดิไลออนในเรื่องของการเจริญเติบโตจนมีดอกได้อย่างไร ต้นแดนดิไลออนพูดว่า "ฉันต้องการความช่วยเหลือจากเธอ เธอจะเป็นปุ๋ยที่ดีให้กับฉัน ทำให้ฉันมีดอกที่สวยงาม" ทำให้ขี้หมาน้อยดีใจและภูมิใจมาก ๆ ที่ตัวเองยังมีประโยชน์ และสามารถช่วยเหลือต้นแดนดิไลออนให้เจริญเติบโตจนมีดอกที่สวยงามได้

http://www.youtube.com/watch?v=CcdY1oCvHcI ชื่อ Doggy Poo [4/4] [English dub]

ตอนที่ 4 เป็นการกล่าวสรุปสั้น ๆ ว่า พระเจ้า (ธรรมชาติ) ไม่ได้สร้างสิ่งต่าง ๆ มาโดยไม่มีเหตุผล ทุกอย่างได้ถูกวางแผนไว้อย่างดีแล้ว (หมายถึงสมดุลของธรรมชาติ)

เฉลยคำถามฉบับที่ 180 ต่ายถามเกี่ยวกับเรื่องวันสิ้นโลก ไม่มีคนตอบคำถามต่ายเข้ามาเลย ไม่เป็นไร ต่ายเลยไม่จำเป็นต้องเฉลย ขอข้ามส่วนนี้ไปเลยดีกว่า ชิ! งอน

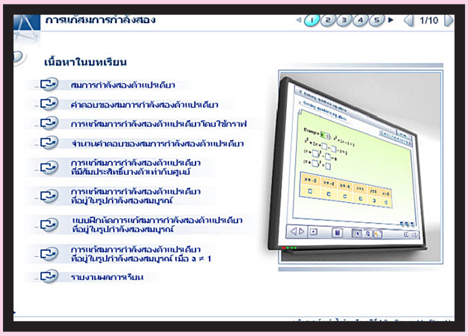
ว่าแล้วก็เข้า คำถามฉบับที่ 182 กันเลยดีกว่า วันหนึ่งต่ายไปร้านขายสัตว์เลี้ยง ต่ายอยากเลี้ยงหนูแฮมสเตอร์ กระต่ายดำเตือนต่ายว่าอย่าเลี้ยงเลยหนูแฮมสเตอร์ออกลูกเร็วมาก ต่ายยังคงดื้อดึง ในที่สุดต่ายก็ซื้อหนูแฮมสเตอร์แรกคลอดน่ารัก ๆ มา 1 ตัว ในราคาที่ถูกมากจนเหมือนจะได้มาฟรี ๆ ต่ายไม่รีรอไปซื้ออุปกรณ์ที่จำเป็นในการเลี้ยงหนูจนครบ หนูชนิดนี้คนเลี้ยงบอกว่ามันจะออกลูกทุกเดือนเดือนละประมาณ 6 ตัว แต่จะต้องเลี้ยงไปแล้ว 3 เดือนถึงจะเริ่มมีลูกได้ และหนูชนิดนี้จะมีอายุเฉลี่ยเพียงแค่ 1 ปี เท่านั้น ต่ายขอถามคุณ ๆ ว่า ถ้าต่ายเลี้ยงหนูไปจนครบ 1 ปี ต่ายจะมีลูกหนูทั้งหมดกี่ตัว

คุณ ๆ สามารถส่งคำตอบของคุณมาหาต่ายได้ที่ **funny_rabbit@live.co.uk** ภายใน**วันที่ 9 กันยายน 2556** โดยต้องใส่ที่อยู่ที่จะให้จัดส่งของรางวัลของคุณ ๆ มาให้เรียบร้อย และเช่นเดิม ต่ายยังคงย้ำว่า ถ้าคุณ ๆ ไม่ใส่ที่อยู่มาให้ ต่ายก็คงจะไม่สามารถส่งอะไรไปให้คุณ ๆ ได้เลย ต่ายรบกวนคุณ ๆ ช่วยบอกชื่อโรงเรียนของคุณ หรือโรงเรียนที่คุณอยากให้ต่าย ส่ง CD การแสดงละครวิทยาศาสตร์ และหรือ CD ทัศนศึกษาออนไลน์แบบที่โรงเรียนสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้ แม้โรงเรียนจะไม่มีอินเทอร์เน็ตที่ไว ๆ ต่ายจะได้ส่ง CD ไปให้โรงเรียนได้ นอกเหนือจากของรางวัลที่คุณ ๆ จะได้รับ สำหรับเฉลยจะปรากฏให้คุณ ๆ ได้อ่านกันในฉบับที่ 184 นะจ๊ะ

เส้นทางแห่งความสำเร็จยังห่างไกลคุณนัก
หากคุณไม่สามารถเรียนรู้อะไรได้จากความล้มเหลว

ต่าย แสนซน

สสวท.เปิดพื้นที่ “Learning Object : วิทย์-คณิต สำหรับครูและนักเรียน”



สสวท. ได้ผลิต Learning Object หรือสื่อการเรียนรู้ดิจิทัลที่มีคุณภาพสูงขึ้น ผ่านเว็บไซต์ http://play.ipst.ac.th/ เพื่อให้ครูและนักเรียนมีสื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ที่เหมาะสม ถูกต้อง สอดคล้องกับบริบทที่หลากหลาย และนำไปสู่การผสมผสานกับกิจกรรมการเรียนรู้ในรูปแบบต่าง ๆ ได้

ครูและนักเรียนที่สนใจสามารถศึกษาเรียนรู้ Learning Object วิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ทั้ง เรื่องกำเนิดแมกมา รอบรู้เรื่องแลน เกมแปลงรหัส กฎของบอยล์ ดีเอ็นเอลูกผสม การเปรียบเทียบเศษส่วน พร้อมทั้งวีดิทัศน์ความรู้ พร้อมคู่มือการใช้งานสำหรับครูและนักเรียน ได้ที่เว็บไซต์ดังกล่าว

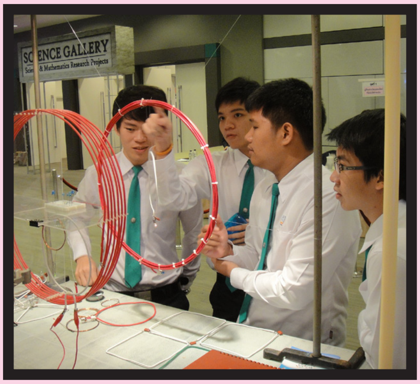
เด็กอนุบาลรู้คิด เรียนรู้วิทย์แบบบูรณาการจากการล่องแก่ง

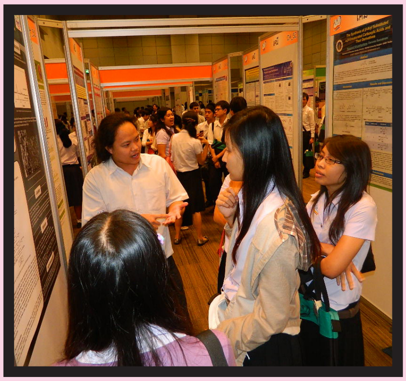
สสวท. ได้ดำเนิน “โครงการบูรณาการวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีปฐมวัย” ขึ้น ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549 เป็นต้นมา ในรูปของกิจกรรมบูรณาการสหวิชา ให้เด็กได้เรียนรู้ผ่านการสืบเสาะหาความรู้ การคิด และลงมือแก้ปัญหาด้วยประสบการณ์ตรงอย่างเหมาะสมกับวัย

ในภาพ**โรงเรียนบ้านแม่ละเมา อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก ได้นำแนวทางจาก สสวท. มาจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยนำนักเรียนชั้นอนุบาล 2 ไปศึกษาเกี่ยวกับการล่องแก่งแม่ละเมา ณ หมอกฟ้าใส รีสอร์ท โดยการจัดกิจกรรมในลักษณะของฐานการเรียนรู้ เพื่อให้เด็กเรียนรู้เกี่ยวกับการท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ วิธีการล่องแก่งให้ปลอดภัยและรู้จักอุปกรณ์ที่ช่วยป้องกันอันตรายในการล่องแก่ง**

กิจกรรมนี้นักเรียนได้รับการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน เช่น การตั้งคำถาม การคาดคะเน การสังเกต และลงความคิดเห็น และเกิดการเรียนรู้ผ่านการสืบเสาะหาความรู้อย่างง่าย ๆ โดยผู้ปกครองมีส่วนร่วม รวมทั้งได้ตระหนักถึงคุณค่าของแหล่งเรียนรู้ในชุมชนและเกิดจิตสำนึกในการอนุรักษ์แหล่งท่องเที่ยวในชุมชนเอาไว้ให้ยั่งยืนต่อไป

งาน วทท. เพื่อเยาวชนครั้งที่ 8 หัวข้อ “วิทยาศาสตร์และการสร้างสรรค์”





นายพงศ์เทพ เทพกาญจนา รองนายกรัฐมนตรีและรัฐมนตรีว่าการกระทรวงศึกษาธิการ เป็นประธานในพิธีเปิดงาน วทท. เพื่อเยาวชน ครั้งที่ 8 ภายใต้หัวข้อ “วิทยาศาสตร์และการสร้างสรรค์” ในวันศุกร์ที่ 22 มีนาคม 2556 ณ ศูนย์นิทรรศการและการประชุมไบเทค บางนา จัดโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร พร้อมทั้งหน่วยงานร่วมจัดอื่น ๆ

การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อเยาวชน (วทท. เพื่อเยาวชน) ครั้งที่ 8 จัดขึ้นระหว่างวันที่ 21 - 23 มีนาคม พ.ศ. 2556 ณ ศูนย์นิทรรศการและการประชุม ไบเทค บางนา ไฮไลท์ของงานนี้อยู่ที่การ**รวมผลงานวิจัยยอดเยี่ยมของเยาวชน นิสิต นักศึกษาทั่วไทย และประเทศกลุ่มอาเซียน** จำนวน 330 เรื่อง การเสวนาเรื่องวิทยาศาสตร์และการสร้างสรรค์จากหิ้งสู่ห้าง, กว่าจะเป็นนิยายวิทยาศาสตร์, การบ่มเพาะนักวิทยาศาสตร์น้อย, กิจกรรม นจวท. แนะนำเคล็ดลับการอ่าน วิธีอ่านหนังสือแต่ละรูปแบบที่คุณควรรู้, การบรรยายเรื่องวิทยาศาสตร์และศิลปะ ต้นน้ำทางปัญญา, กิจกรรม Glass Science and Glass Design, แนะแนวการศึกษาต่อและเส้นทางอาชีพนักวิจัย นักวิทยาศาสตร์ นอกจากนั้นงานนี้ยังมีการจัด One day Camp สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา พร้อมทั้งยังมีนิทรรศการเกี่ยวกับงานวิจัยเด่น และเรื่องต่าง ๆ ที่น่าสนใจมากมาย

โครงการ พสวท. เปิดโอกาสให้เด็กรับทุนอื่นควบกันได้

ในงานการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อเยาวชน (วทท. เพื่อเยาวชน) ที่จัดขึ้นปีละครั้ง โดยปีนี้เป็นปีที่ 8 ซึ่งทางมหาวิทยาลัยศิลปากรและสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นเจ้าภาพร่วมกัน ภายใต้หัวข้อ “วิทยาศาสตร์และการสร้างสรรค์” กิจกรรมเด่นในงานนี้กิจกรรมหนึ่ง ได้แก่ “แนะแนวการศึกษาและเส้นทางอาชีพนักวิจัย นักวิทยาศาสตร์” โดยสมาคมนักเรียนทุนโครงการพัฒนาและส่งเสริมผู้มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สทวท.)

ดร.พรชัย อินทร์ฉาย ผู้อำนวยการ สาขาพัฒนาและส่งเสริมผู้มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สาขา พสวท. และ สควค.) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้เสนอแนะแนวทางให้กับผู้ปกครองที่จะส่งบุตรหลานสอบเข้าชิงทุนในครั้งต่อไปว่า “รูปแบบการให้ทุนและการส่งเสริมนักเรียนที่มีความสามารถทางวิทยาศาสตร์ของโครงการ พสวท.เป็นโมเดลที่ดีมาก ๆ ในการที่จะเชื่อมโยงกับนักวิจัยทุนโครงการอื่น ๆ ทุกทุน เราเปิดเวทีงาน วทท. เพื่อเยาวชนมาเป็นปีที่ 8 แล้ว เปิดกว้างให้นักเรียนทุนทุกประเภทในประเทศไทย ได้เข้ามามีส่วนร่วมในการเสนอผลงานวิจัย เพื่อให้รุ่นน้องเข้ามาเห็น เข้ามาคุย รับฟังคำแนะนำจากรุ่นพี่ สิ่งที่แตกต่างจากทุนอื่น คือ ทุน พสวท. เปิดโอกาสให้ไปรับทุนอื่น เพื่อไปศึกษาต่างประเทศได้ เช่น ทุนกระทรวงวิทย์หรือทุนของสถาบันอื่น เช่น ทุนของประเทศญี่ปุ่น เยอรมัน เป็นต้น เพราะเราถือว่าเพื่อเป็นการพัฒนาศักยภาพตนเองแล้วก็กลับมาพัฒนาชาติ ระหว่างที่รับทุนอื่น ก็ยังเป็นนักเรียนทุน พสวท. อยู่เช่นเดิม”

ทุน พสวท. จะเปิดรับสมัครชิงทุน 2 ช่วง ตอนจบมัธยมศึกษาปีที่ 3 และตอนจบมัธยมศึกษาปีที่ 6 ทั่วประเทศในช่วงเดือนสิงหาคมของทุกปี แล้วคัดเลือกเด็กเข้าสถาบันการศึกษาที่เป็นศูนย์ พสวท. 10 แห่ง กระจายตามแต่ละภูมิภาค เมื่อเป็นนักเรียนทุนในโครงการแล้วจะได้งบประมาณเรียนภาษาอังกฤษเพิ่มเติม และต้องเข้าร่วมกิจกรรมที่โครงการ พสวท. จัดทุกครั้ง จากนั้นก็จะเปิดสอบแข่งขันชิงทุนไปต่างประเทศระดับปริญญาตรี โท และเอก เป็นเวลา 12 ปี ซึ่งจะเลือกไปเรียนประเทศใดก็ได้

ก้าวใหม่การศึกษา “เชื้อเพลิงเพื่อการคมนาคม” ต่อยอดสู่โรงเรียน

สสวท. กระทรวงพลังงาน และมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ได้ผนึกกำลังด้านการศึกษาเกี่ยวกับพลังงานให้กับเยาวชน ด้วยการพัฒนาความรู้ ความเข้าใจ ถึงสถานการณ์พลังงาน รู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลง และเตรียมพร้อมเพื่อรับมือกับวิกฤตพลังงานที่อาจจะเกิดขึ้น

ผลิตผลในการร่วมมือกันของ 3 หน่วยงาน คือ การพัฒนาปรับปรุงหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เนื้อหาด้านพลังงาน ได้จัดทำเป็นหนังสือเรียนและคู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ **“เชื้อเพลิงเพื่อการคมนาคม”** ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นขึ้น ดังนั้นเพื่อให้หนังสือแบบเรียนดังกล่าวขยายผลสู่โรงเรียนต่าง ๆ ได้กว้างขวางมากยิ่งขึ้น ล่าสุดจึงได้จัดอบรมครูและผู้บริหารโรงเรียนเกี่ยวกับแนวทางการสอนและการใช้สื่อการสอนในหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เรื่อง **"เชื้อเพลิงเพื่อการคมนาคม”** จำนวน 10 รุ่น ทั่วประเทศ ได้แก่ จังหวัดอุดรธานี นครราชสีมา เชียงใหม่ กรุงเทพมหานคร อุบลราชธานี สุราษฎร์ธานี ระยอง และเชียงราย เพื่อส่งเสริมให้ครูผู้สอนมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้ในหนังสือเรียน อีกทั้งสามารถนำสิ่งที่ได้รับไปปรับใช้ในห้องเรียนได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ได้จัดการประชุมเชิงวิชาการสำหรับผู้บริหารหรือศึกษานิเทศก์ เรื่อง **“เชื้อเพลิงเพื่อการคมนาคม เรียนรู้สู่การนำไปใช้ประโยชน์”** จำนวน 5 รุ่น ที่จังหวัดอุดรธานี นครราชสีมา กรุงเทพมหานคร และเชียงใหม่ ไปพร้อม ๆ กัน เพื่อให้ผู้บริหารโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น นำแบบเรียนรายวิชาเพิ่มเติมดังกล่าวบรรจุลงในแผนการสอน

อบรมหลักสูตรโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ

สสวท. อบรมครูผู้สอนหลักสูตรโลก ดาราศาสตร์และอวกาศ ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เข้าร่วมอบรมใน 3 หลักสูตร ได้แก่ **หลักสูตรที่ 1 การจัดการเรียนรู้ด้านดาราศาสตร์** ระหว่างวันที่ 11-15 มีนาคม 2556, **หลักสูตรที่ 2 การจัดการเรียนรู้ด้านบรรยากาศ** ระหว่างวันที่ 25-29 มีนาคม 2556 **และหลักสูตรที่ 3 การจัดการเรียนรู้ด้านธรณีวิทยา** ระหว่างวันที่ 29 เมษายน – 3 พฤษภาคม 2556 ณ โรงแรมเบย์ จังหวัดสมุทรปราการ

พิธีมอบเหรียญรางวัลนักเรียนในโครงการพัฒนาอัจฉริยภาพทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ประจำปี พ.ศ. 2555

พิธีมอบเหรียญรางวัลนักเรียนในโครงการพัฒนาอัจฉริยภาพทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ประจำปี 2555 จัดขึ้นในวันศุกร์ที่ 29 มีนาคม 2556 เวลา 10.00 น. ณ อีเวนท์ ฮอลล์ 104 ศูนย์นิทรรศการและการประชุมไบเทค บางนา กรุงเทพมหานคร โดยมี ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.มนตรี จุฬาวัฒนทล ประธานกรรมการ สสวท. เป็นประธานในพิธี

ใบสมัครสมาชิก นิตยสาร สสวท.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)
โทรศัพท์ 0-2392-4021/ 0-2335-5222 ต่อ 3307
โทรสาร 0-2712-3758

◯ สมาชิกใหม่

◯ นาย ◯ นาง ◯ นางสาว ◯ เด็กชาย ◯ เด็กหญิง ◯ อื่น ๆ.....................

ชื่อ-สกุล :..
....

สถานที่ทำงาน/สถาบัน : ....
....

สถานะ:.....ครู / นักเรียน / นักศึกษา / บุคคลทั่วไป / อื่น ๆ...

สถานที่จัดส่งนิตยสาร : ....
....
....
....
....
....

โทรศัพท์ที่บ้าน :.................... โทรศัพท์ที่ทำงาน :............................... โทรศัพท์มือถือ :....................................
โทรสาร : .... E-mail : ....

สมัครสมาชิก 1 ปี 300 บาท (6 เล่ม) 2 ปี 600 บาท (12 เล่ม)

อายุ : ◯ ต่ำกว่า 1 - 15 ปี ◯ 16 – 25 ปี ◯ 26 – 35 ปี
◯ 36 - 45 ปี ◯ 46 - 60 ปี ◯ 60 ปีขึ้นไป

ออกใบเสร็จในนาม...

กรุณา FAX เอกสารต่อไปนี้ไปที่ สสวท. เบอร์โทรสาร 0-2712-3758

1. ใบสมัครสมาชิก
2. สำเนาการชำระเงิน

ส่วนนี้สำหรับธนาคาร

COMPANY CODE = 90007

แบบฟอร์มการชำระเงินค่าสมัครนิตยสาร สสวท.

ออกใบเสร็จในนาม : (สาขากรุณาคีย์ชำระเป็นนามตามที่ออกใบเสร็จ)			REF NO. : 0
	รายการ		ค่าสมัคร (บาท)
	ค่าสมาชิกนิตยสารสสวท.	1 ปี	300
	ค่าสมาชิกนิตยสาร สสวท.	2 ปี	600
ยอดเงินรวมเป็นตัวอักษร			

ชำระเงินที่ ( ) ธนาคารกรุงไทย สาขา...
ชื่อผู้นำฝาก...โทรศัพท์...

ลายมือชื่อเจ้าหน้าที่ธนาคาร...วันที่รับเงิน.............................

SCI-FIGHTING

วิทย์สู้วิทย์

ทุกวันพุธ

เวลา 18.00 - 19.00 น.

MCOT

TME THAILAND MATHEMATICS EVALUATION

สสวท

KEREI

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ร่วมกับ

Korea Education Reports and Evaluation Institute

ขอเชิญร่วม

การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ประจำปี 2556

สสวท. มุ่งมั่นพัฒนาคณิตศาสตร์สู่มาตรฐานสากล

ประจำปี 2556

วันสอบ

วันเสาร์ที่ 31 สิงหาคม 2556

คุณสมบัติของผู้สมัคร

นักเรียนที่กำลังศึกษาในชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 - 6

ระยะเวลารับสมัคร วันนี้ ถึง 10 กรกฎาคม 2556

ค่าสมัครสอบ 150 บาท

สถานที่รับสมัคร

ดูรายละเอียดได้ที่เว็บไซต์ tme.ipst.ac.th

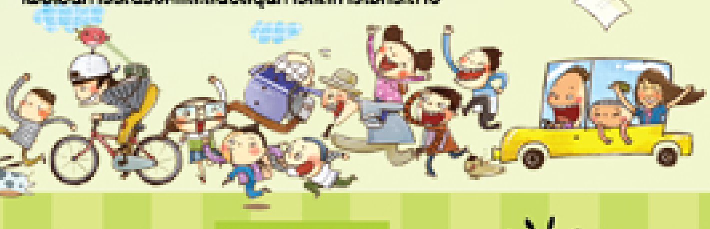
ประกาศผลรางวัลระดับประเทศ

วันที่ 20 พฤศจิกายน 2556

รายงานผลฉบับนักเรียนรูปแบบใหม่

วันที่ 22 ธันวาคม 2556

*นักเรียนใช้รหัสบัตรประจำตัวประชาชน 13 หลัก
ล็อคอินเข้าเว็บไซต์ tme.ipst.ac.th สำหรับดูรายงานผลฉบับนักเรียน
เพื่อเป็นการรณรงค์และสนับสนุนการลดการใช้กระดาษ



สนับสนุนโดย

EduPark เอดู พาร์ค