นิตยสาร
สสวท
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี www.ipst.ac.th
IPST MAGAZINE
ปีที่ 47 ฉบับที่ 220 กันยายน - ตุลาคม 2562

ไมโครพลาสติก (Microplastics) มหันตภัยขนาดจิ๋ว

- **"พอลิแลกติกแอซิด"** พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม
- **E-Office** สำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ ผู้ช่วยทำงานในยุค 4.0
- **การศึกษาไทยกับการประยุกต์ใช้** Phenomenon - Based Learning

ISSN 0857-2801
0 09 77085 72803 0

หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐาน
และรายวิชาเพิ่มเติม
ระดับประถมศึกษา

หนังสือเรียนแนวคิดใหม่ สสวท.

จากการปรับปรุงมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด
กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์
(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

คู่มือครู

- แนะนำกิจกรรมการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงกับตัวชี้วัด
- มีขั้นตอนการเตรียมตัวของผู้สอน
- มีข้อเสนอแนะสำหรับการเรียนการสอนเพื่อให้บรรลุเป้าหมายของหนังสือเรียน
- มีเครื่องมือประเมินการเรียนรู้ระหว่างเรียน
- มีเฉลยแบบฝึกหัดและแนวคิดสำหรับข้อที่มีความยาก
- มีสื่อเพิ่มเติมที่ครูสามารถนำไปใช้ประกอบการจัดการเรียนรู้ได้

QR CODE

เชื่อมกับสื่อวิดิทัศน์ และสื่อดิจิทัลต่าง ๆ เพื่อช่วยให้เข้าใจง่าย และเชื่อมโยงไปยังข้อมูลที่ถูกต้องและน่าเชื่อถือบนระบบ Learning Space ของ สสวท.

จุดเด่น

- นำเสนอเนื้อหาผ่านสถานการณ์ในชีวิตจริงเชื่อมโยงกับเนื้อหาที่จะเรียนรู้
- มีการเตรียมความพร้อมของผู้เรียนก่อนเรียนเนื้อหาใหม่
- ปฏิบัติกิจกรรมเพื่อนำไปสู่การสรุปองค์ความรู้ด้วยตนเอง
- ประยุกต์ใช้ความรู้ในการแก้ปัญหาโดยผ่านกิจกรรมร่วมคิดร่วมทำ
- เน้นการออกแบบให้สะดวกต่อการนำไปใช้ของครูผู้สอน

ติดต่อสั่งซื้อได้ที่

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)
924 ถนนสุขุมวิท แขวงพระโขนง เขตคลองเตย กรุงเทพฯ 10110

ฝ่ายบริการและบริหารทรัพย์สิน (สสวท.)
โทรศัพท์ 02 392 4021 ต่อ 3102 3106
Facebook สำนักบริการวิชาการและบริหารทรัพย์สิน
bookstore.ipst.ac.th

ร้านศึกษาภัณฑ์พาณิชย์ทุกสาขาและร้านค้าเครือข่ายศึกษาภัณฑ์พาณิชย์จังหวัด

องค์การค้าของ สกสค.
2249 ถนนลาดพร้าว แขวงสะพานสอง เขตวังทองหลาง กรุงเทพฯ 10310
โทรศัพท์ 0 2538 3033 ต่อ 512, 513, 516, 518, 520 และ 521
โทรสาร 0 2530 2026-29
suksapanpanit.com

นิตยสาร สสวท
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี www.ipst.ac.th
ปีที่ 47 ฉบับที่ 220 กันยายน - ตุลาคม 2562 IPST MAGAZINE

เปิดเล่ม สสวท.

ตั้งแต่ 1 มกราคม พ.ศ. 2563 ห้างสรรพสินค้าและร้านสะดวกซื้องดแจกและจำหน่ายถุงพลาสติกแบบใช้ครั้งเดียวทิ้ง (ยกเว้นพวกถุงร้อนใส่อาหาร) รวมทั้งรณรงค์ให้ใช้ถุงผ้าแทน เพื่อลดวิกฤตขยะในทะเล โดยสหประชาชาติจัดให้ไทยติดอันดับ 1 ใน 10 ประเทศที่ทิ้งขยะพลาสติกลงทะเลมากที่สุด

ปัจจุบันขยะพลาสติกจำนวนมากถูกกำจัดอย่างไม่ถูกต้อง ปล่อยทิ้งและพัดลงสู่ทะเล ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศทะเล โดยเฉพาะไมโครพลาสติกที่ปนเปื้อนเข้าสู่ระบบเนื้อเยื่อของสัตว์ทะเลและเป็นอันตรายต่อสัตว์ทะเล ในขณะเดียวกันก็พบว่าไมโครพลาสติกปนเปื้อนอยู่ในกระเพาะของปลาทู ซึ่งเมื่อเรารับประทานจึงเป็นอันตรายต่อสุขภาพของเรา ถึงเวลาที่ทุกคนต้องตระหนักและช่วยกันลด ละ เลิก การใช้พลาสติก หรือใช้ให้น้อยที่สุด สร้างจิตสำนึกและปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้พลาสติกในชีวิตประจำวัน ใช้ทรัพยากรอย่างรู้คุณค่า

ว่าแต่..ไมโครพลาสติกคืออะไร แล้วการเลือกใช้พลาสติกที่สามารถย่อยสลายได้ง่ายในธรรมชาติจะไม่มีพิษต่อพืชและสัตว์จริงหรือ “พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ หรือ Biodegradable plastic” จะเป็นอีกหนึ่งแนวทางที่จะช่วยลดมลภาวะได้หรือไม่ ติดตามได้ในฉบับนี้

เรากำลังจะก้าวเข้าสู่ยุคที่เทคโนโลยีเกิดใหม่จะขับเคลื่อนการเปลี่ยนแปลงทางอุตสาหกรรม (Disrupting Industries) ทำให้การมีสมรรถนะทางดิจิทัล (Digital Competence) จึงเป็นสิ่งสำคัญ การศึกษาด้านนี้จึงเป็นสิ่งที่ท้าทายสำหรับครู โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสอนโค้ดดิ้งในโรงเรียนจะเป็นการสร้างทักษะในการวางแผน การแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ส่งเสริมการใช้ตรรกะในการแก้ปัญหา สร้างคนให้เกิดกระบวนการคิดและทันต่อการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี ซึ่งเป็นทักษะที่สำคัญสำหรับการเตรียมพลเมืองในยุคเศรษฐกิจดิจิทัลที่กำลังมาถึง

นิตยสาร สสวท. ฉบับออนไลน์อ่านได้ก่อนใครได้ที่ emagazine.ipst.ac.th และช่องทางติดต่อเราที่ fb.com/ipstmag

ธรชญา พันธุนาวินิช
บรรณาธิการบริหาร

วัตถุประสงค์

1. เผยแพร่และส่งเสริมความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และ เทคโนโลยีให้แก่ครูและผู้สนใจทั่วไป
2. เผยแพร่กิจกรรมและผลงานของ สสวท.
3. เสนอความก้าวหน้าของวิทยาการในด้านการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีที่จะสนับสนุนการศึกษาของชาติให้ทันกับเหตุการณ์ปัจจุบัน
4. แลกเปลี่ยนและรับฟังความคิดเห็นต่าง ๆ เกี่ยวกับความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีจากครูและผู้สนใจทั่วไป

เจ้าของ
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
924 ถนนสุขุมวิท แขวงพระโขนง เขตคลองเตย
กรุงเทพมหานคร 10110
โทร. 0-2392-4021 ต่อ 3307

สารบัญ

รอบรู้วิทย์

รอบรู้เทคโนโลยี

การเรียนกระตุ้นความคิด

นานาสาระและข่าวสาร

ดร.นุศวดี พจนานุกิจ • นักวิชาการ สาขาเทคโนโลยี สสวท. • e-mail: npoja@ipst.ac.th

ข้อมูลเพิ่มเติม

bit.ly/220-v1

ไมโครพลาสติก (Microplastics) มหันตภัยขนาดจิ๋ว

ที่มา http://microplastic.ml/img/plasticOnThumb.jfif

ในปัจจุบันปัญหาขยะเป็นปัญหาที่ต้องได้รับการแก้ไขมากที่สุด โดยสหประชาชาติจัดให้ไทยติดอันดับ 1 ใน 10 ประเทศที่ทิ้งขยะพลาสติกลงทะเลมากที่สุด ขยะพลาสติกทั้งหมดเกิดจากกิจกรรมทั้งบนบกและในทะเล ประเทศไทยมีพื้นที่ติดชายฝั่งทะเล 23 จังหวัด และมีขยะมากกว่า 10,700,000 ตัน/ปี โดยนำไปกำจัดอย่างถูกต้องเพียง 5,300,000 ตัน/ปี และขยะที่เหลืออีกร้อยละ 50 ไม่ถูกจัดเก็บหรือกำจัดไม่ถูกต้อง ขยะเหล่านี้ถูกปล่อยทิ้งและพัดลงสู่ทะเลมากถึงร้อยละ 10 ซึ่งส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศทะเลอย่างมาก โดยเฉพาะไมโครพลาสติกที่ปนเปื้อนเข้าสู่ระบบเนื้อเยื่อของสัตว์ทะเลและอาจเป็นอันตรายได้ ดังที่มีข่าวการตายของเต่าทะเลและวาฬ เนื่องจากกินขยะพลาสติกเข้าไปเป็นจำนวนมาก ในขณะเดียวกันก็พบไมโครพลาสติกปนเปื้อนอยู่ในกระเพาะของปลาทู ซึ่งเมื่อเรารับประทานปลาทูที่ปนเปื้อน จึงอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพของเราได้ ดังนั้น เราควรต้องตระหนักและช่วยกันจัดการกับปัญหาดังกล่าวอย่างจริงจัง ต้องใช้ทรัพยากรอย่างรู้คุณค่า และตระหนักถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการใช้ทรัพยากร เรามาทำความรู้จักกับไมโครพลาสติกว่า มันคืออะไร และมาจากไหนกัน

ภาพ 1 ไมโครพลาสติกมากมายปะปนกับทรายบนชายหาด

ที่มา https://oceanservice.noaa.gov/facts/microplastics.html

ไมโครพลาสติก (Microplastics)

เป็นพลาสติกที่มีขนาดเล็กกว่า 5 มิลลิเมตร มาจากการสลายของพลาสติกต่าง ๆ ที่ใช้ในครัวเรือนและอุตสาหกรรม ไมโครพลาสติกแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. Primary Microplastics เป็นไมโครพลาสติกที่ผลิตขึ้นตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน เช่น เม็ดพลาสติกที่เป็นสารตั้งต้นในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติก เช่น พอลิเอทิลีน พอลิโพรพิลีน พอลิสไตรีน หรือเป็นเม็ดพลาสติกที่อยู่ในผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด เช่น ไมโครบีดส์ในโฟมล้างหน้า เครื่องสำอาง สครับขัดผิว โฟมล้างหน้า ครีมขัดผิว ครีมอาบน้ำ ยาสีฟัน รวมไปถึงเส้นใยสังเคราะห์ ไมโครไฟเบอร์จากผลิตภัณฑ์สิ่งทอ

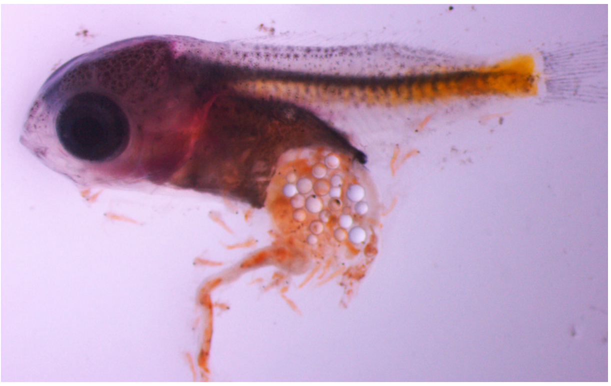
ภาพ 2 ตัวอย่างไมโครบีดส์ในผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด
ที่มา https://www.dailymail.co.uk/debate/article-3771697/DAILY-MAIL-COMMENT-victory-Mail-fragile-planet.html

2. Secondary Microplastics เป็นไมโครพลาสติกที่เกิดการย่อยสลายของพลาสติกขนาดใหญ่และสารเติมแต่ง ด้วยแสงอาทิตย์ กระบวนการทางเคมี ทางชีวภาพ และกายภาพ

ภาพ 3 ตัวอย่างไมโครพลาสติก
ที่มา https://www.eco-business.com/opinion/microplastics-small-plastics-big-problem

การปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อม

เนื่องจากไมโครพลาสติกมีขนาดเล็กมากและไม่ย่อยสลายตามธรรมชาติ ทำให้ยากต่อการเก็บและการกำจัด จึงแพร่กระจาย ปนเปื้อน สะสม และตกค้างอยู่ในสิ่งแวดล้อม ส่วนขยะพลาสติกขนาดใหญ่ เมื่อเวลาผ่านไป อาจเกิดการย่อยสลาย ฉีกขาด แตกหัก ผุกร่อนเป็นชิ้นเล็ก ๆ เปลี่ยนเป็นไมโครพลาสติก ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้เช่นกัน โดยพบว่ามีการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกจากผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด และเส้นใยจากผ้าใยสังเคราะห์ในน้ำทิ้งจากครัวเรือน และในแหล่งน้ำธรรมชาติ เนื่องจากระบบบำบัดน้ำเสียในปัจจุบัน ยังไม่สามารถกำจัดไมโครพลาสติกเหล่านี้ได้ เมื่อไมโครพลาสติกปนเปื้อนไปยังแหล่งน้ำธรรมชาติ จะเข้าไปอยู่ในห่วงโซ่อาหาร โดยสัตว์น้ำกินไมโครพลาสติกเข้าไปและสัตว์น้ำถูกกินโดยสัตว์อื่น ๆ เช่น นก มนุษย์ ทำให้ไมโครพลาสติกเหล่านี้เข้าไปสะสมอยู่ในตัวสัตว์และมนุษย์ เนื่องจากไมโครพลาสติกไม่ย่อยในระบบย่อยอาหาร จึงไปสะสมอยู่ในสัตว์หรือคนที่กินไมโครพลาสติกเข้าไป และยังพบว่าไมโครพลาสติกที่มีสารในกลุ่มพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (PAHs) พอลิคลอริเนตไบฟีนิล (PCBs) ดีดีที (DDT) และไดออกซิน ซึ่งเป็นสารปนเปื้อนก่อมะเร็งและจะส่งผลต่อร่างกาย โดยไปขัดขวางการทำงานของต่อมไร้ท่อ และอาจทำให้เกิดเป็นมะเร็งได้



ภาพ 4 ไมโครบีดส์อยู่ในกระเพาะอาหารปลา
ที่มา https://www.gizmodo.com.au/2016/06/young-fish-get-hooked-on-plastic-microbeads/

อนาคตของไมโครพลาสติก

ปัจจุบันทั่วโลกได้ตระหนักถึงปัญหาที่เกิดจากไมโครพลาสติก ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างกว้างขวาง จึงนำไปสู่ความพยายามทั้งในระดับโลกและระดับประเทศในการแก้ปัญหาดังกล่าว

เริ่มจากปี พ.ศ. 2555 ประเทศสหรัฐอเมริกา แคนาดา และยุโรปบางประเทศได้เริ่มรณรงค์ให้ประชาชนตระหนักถึงผลกระทบและอันตราย จากการใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีไมโครพลาสติกประเภทเม็ดไมโครบีดส์เป็นส่วนผสม

ในการประชุม G7 ปี พ.ศ. 2558 ผู้นำจากนานาประเทศแสดงความมุ่งมั่นที่จะเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการของเสีย และหาทางแก้ไขปัญหาไมโครพลาสติก ซึ่งนำไปสู่ความตกลงกันเพื่อให้สู่เป้าหมายการป้องกัน และลดมลพิษในทะเลทุกชนิดภายในปี พ.ศ. 2568 ตามเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals – SDGs)

เดือนธันวาคม พ.ศ. 2558 สภาผู้แทนราษฎรสหรัฐอเมริกาได้ผ่านพระราชบัญญัติว่าด้วยการปลอดเม็ดไมโครบีดส์ในแหล่งน้ำ (The Microbead-Free Waters Act 2015) มีผลบังคับใช้ในสหรัฐอเมริกาโดยมีการห้ามผลิตในปี ค.ศ. 2017 และจัดจำหน่าย รวมถึงขายผลิตภัณฑ์ที่มีเม็ดไมโครบีดส์เป็นส่วนประกอบในปี ค.ศ. 2018

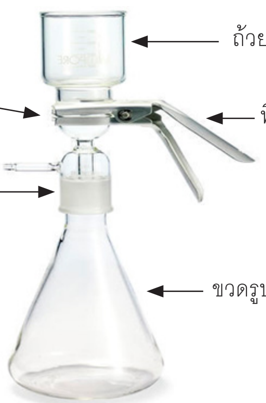
สำหรับประเทศไทย สำนักงานคณะกรรมการคุ้มครองผู้บริโภค (สคบ.) ทำงานร่วมกับกรมควบคุมมลพิษในการแจ้งเตือนผู้บริโภคให้ช่วยกันลดและเลิกใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีไมโครบีดส์เป็นส่วนผสม ซึ่งเป็นการดำเนินการให้สอดคล้องตามแผนการทำงานในการกำจัดขยะพลาสติก ปี พ.ศ. 2561-2563 โดยในประเทศไทยได้กำหนดให้เลิกใช้ไมโครบีดส์ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2563 เป็นต้นไป

กิจกรรม ไมโครพลาสติกในแหล่งน้ำ

จากปัญหาไมโครพลาสติกดังกล่าว เรามาลองทำกิจกรรมกันดีกว่าว่า ในแหล่งน้ำของเรามีการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกหรือไม่

วัสดุอุปกรณ์

1. ขวดน้ำขนาด 1 ลิตร
2. ชุดกรองระบบสุญญากาศ
3. กระดาษกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตร
4. จานเพาะเชื้อ
5. ปากคีบ
6. เครื่องชั่ง (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)



ภาพ 5 ชุดกรองระบบสุญญากาศ

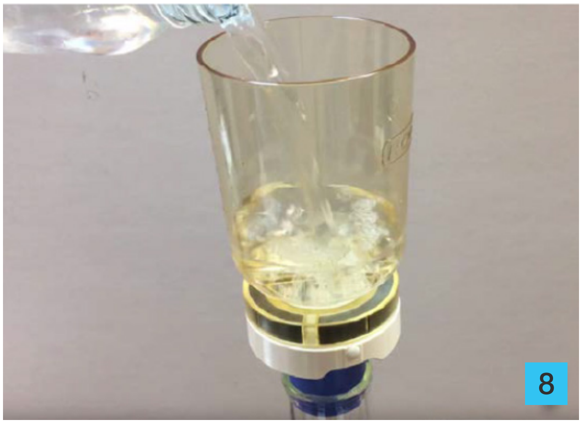
วิธีดำเนินการ

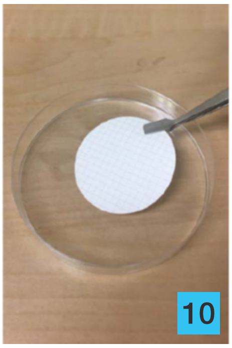
1. **ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างน้ำ**
   1. เตรียมขวดน้ำขนาด 1 ลิตร และล้างให้สะอาด
   2. เก็บตัวอย่างน้ำที่ผิวน้ำ โดยจุ่มขวดลงในน้ำ แล้วเอียงขวดอย่างช้า ๆ จนขวดตั้งตรงเพื่อเติมน้ำให้เต็มและกำจัดฟองอากาศออก
   3. ปิดฝาขวดและเขียนข้อมูล สถานที่ วัน เวลา ที่เก็บน้ำตัวอย่างลงบนขวดเก็บตัวอย่าง
   4. นำตัวอย่างน้ำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง และถ้าน้ำตัวอย่างมีตะกอน ให้ตั้งทิ้งไว้เพื่อให้ตกตะกอน ก่อนที่จะดำเนินการทดลองต่อไป

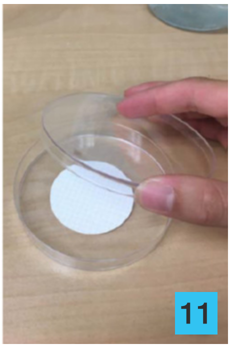
2. **ขั้นตอนการกรอง** เป็นการแยกไมโครพลาสติกออกจากตัวอย่างน้ำ โดยใช้เทคนิคการกรองด้วยระบบสุญญากาศ ดังภาพ 5

วิธีทดลอง

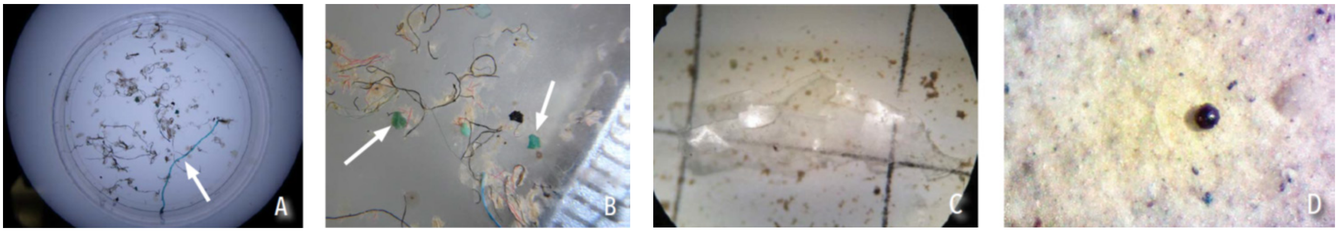
1. ติดตั้งชุดกรองสุญญากาศ โดยวางกรวยกรอง บนขวดรูปชมพู่ แล้วติดสายปั๊มสุญญากาศเข้ากับขวด
2. นำกระดาษกรองไปชั่งและจดบันทึกน้ำหนักไว้
3. ใช้ปากคีบคีบกระดาษกรองวางบนกรวยกรอง ดังภาพ 6 - 7 (อย่าจับกระดาษกรองด้วยมือ เพราะจะทำให้กระดาษกรองปนเปื้อนสิ่งสกปรก)







4. ติดตั้งอุปกรณ์การกรองให้เรียบร้อย
5. เทน้ำตัวอย่างเทลงในกรวยกรอง จากนั้นเปิดเครื่องปั๊ม เพื่อให้น้ำไหลผ่านกระดาษกรองออกมา ดังภาพ 8
6. เมื่อกรองน้ำตัวอย่างหมดแล้ว ให้ปิดเครื่องปั๊มและรอสักครู่
7. ใช้คีมจับที่ขอบกระดาษกรองและยกขึ้นอย่างระมัดระวัง แล้ววางกระดาษกรองไว้ในจานเพาะเชื้อ ดังภาพ 9 – 11
8. นำกระดาษกรองที่ได้ไปอบ ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อระเหยน้ำออก จากนั้นนำกระดาษกรองมาชั่งน้ำหนักอีกครั้ง จดบันทึกน้ำหนักไว้
9. หาปริมาณสิ่งปนเปื้อนหรือไมโครพลาสติกที่พบได้จากน้ำหนักกระดาษกรองที่เปลี่ยนไป
10. นำกระดาษกรองที่ได้ไปตรวจสอบผ่านกล้องจุลทรรศน์ เพื่อสังเกตรูปร่าง ลักษณะ สี ของไมโครพลาสติก ดังภาพ 12



ภาพ 12 ประเภทของไมโครพลาสติก : (A) เส้นใยสังเคราะห์ (B) เศษพลาสติก (C) แผ่นฟิล์ม (D) ไมโครบีดส์

จากกิจกรรมข้างต้น เราอาจพบว่าในน้ำตัวอย่างมีการปนเปื้อนของไมโครพลาสติก แสดงให้เห็นว่าในแหล่งน้ำอื่น ๆ อาจมีการปนเปื้อนไมโครพลาสติกเช่นเดียวกัน ดังนั้น ถึงเวลาที่เราต้องร่วมมือกันลด ละ เลิก การใช้พลาสติก หรือใช้ให้น้อยที่สุด และรณรงค์สร้างจิตสำนึกและปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้พลาสติกในชีวิตประจำวัน ในขณะเดียวกันอาจจะต้องย้อนกลับไปตั้งแต่การออกแบบ การเลือกใช้วัสดุในการผลิตบรรจุภัณฑ์ให้เหมาะสม และส่งเสริมผู้ประกอบการในการผลิตวัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมด้วย

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมในการจัดกิจกรรม

ถ้าไม่มีชุดกรองระบบสุญญากาศ สามารถกรองน้ำตัวอย่างด้วยวิธีการกรองแบบธรรมดา ดังภาพ 13 โดยใช้กระดาษกรองที่มีช่วงการดักอนุภาค 3 - 5 ไมโครเมตร แต่ประสิทธิภาพการกรองจะน้อยกว่าระบบสุญญากาศ และในการทำกิจกรรมควรใช้กระดาษกรองที่มีตารางกริดบอกขนาด เพื่อให้สามารถระบุขนาดของไมโครพลาสติก หรือใช้เทคนิค Stage Micrometer หรือ Objective Micrometer ของกล้องจุลทรรศน์ที่เป็นแผ่นกระจกสไลด์ที่มีสเกลมาตรฐานขีดไว้บนเนื้อกระจก ความยาว 1 mm แบ่งเป็น 100 ช่อง

ภาพ 13 การกรองแบบธรรมดา

บรรณานุกรม

Biodegradable cellulose microbeads developed by Bath university researchers. ACS Sustainable Chemistry & Engineering. Retrieved July 11, 2019, from https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acssuschemeng.7b00662.

Microplastics Sampling and Processing Guidebook. Retrieved July 11, 2019, from http://extension.msstate.edu/sites/default/files/publications/p3243.pdf.

ชาญชัย คหาปนะ. (2561). ไมโครพลาสติก....ภัยมืดในทะเล. สืบค้นเมื่อ 11 กรกฎาคม 2562, จาก https://www.tistr.or.th/tistrblog/?p=4707.

เพ็ญศิริ เอกจิตต์ และ สิริวรรณ รวมแก้ว. (2562). ขยะไมโครพลาสติกบริเวณชายหาดฝั่งตะวันตก จังหวัดภูเก็ต. สืบค้นเมื่อ 11 กรกฎาคม 2562, จาก http://www.ej.eric.chula.ac.th/content/6114/70.

มลสารไมโครพลาสติกในแหล่งน้ำเสียดิบและระบบบำบัดน้ำเสีย. (2562). วารสารสิ่งแวดล้อม. สืบค้นเมื่อ 11 กรกฎาคม 2562, จาก http://www.ej.eric.chula.ac.th/content/6109/59.

เรณู ถาวโรฤทธิ์. (2559). วิธีการหาขนาดของตัวอย่างโดยกล้องจุลทรรศน์ สามารถทำได้อย่างไร ? (ตอนที่ 3). สืบค้นเมื่อ 24 กันยายน 2562, จาก https://teacherpd.ipst.ac.th/index.php/component/guru/?view=guruForum&task =fview&id=3124.

 กุลธิดา สะอาด • นักวิชาการ ฝ่ายบริหารเครือข่ายและพัฒนาครู สสวท. • e-mail: ksaar@ipst.ac.th

“พอลิแลกติกแอซิด” พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

พลาสติกที่เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของคนเรานั้น ผลิตจากวัตถุดิบต่าง ๆ ตามชนิดของผลิตภัณฑ์ แล้วนำไปผ่านกระบวนการพอลิเมอร์ไรเซชัน (Polymerization) ทำให้สารโมเลกุลขนาดเล็กหรือมอนอเมอร์ (Monomer) จำนวนหลายโมเลกุลเชื่อมต่อกันเป็นสายยาวด้วยพันธะโคเวเลนต์ ได้เป็นพอลิเมอร์ (Polymer) ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ มีมวลโมเลกุลสูง ก่อนจะนำไปขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ด้วยกระบวนการต่าง ๆ

พลาสติกเป็นผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์สังเคราะห์ โดยมีการใส่สารเติมแต่งลงไป เช่น สารคงสภาพ (Stabilizer) สารหล่อลื่น (Lubricant) เพื่อทำให้พลาสติกมีสมบัติพิเศษ เช่น ทนความร้อน ยืดหยุ่น การใส่สารเติมแต่งในอัตราส่วนและกรรมวิธีที่แตกต่างกันจะทำให้พลาสติกมีสมบัติแตกต่างกัน พลาสติกจำแนกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ **เทอร์มอพลาสติก** เป็นพลาสติกที่เมื่อได้รับความร้อนจะอ่อนตัวและเมื่ออุณหภูมิลดลงจะแข็งตัว สามารถทำให้กลับมาเป็นรูปร่างเดิมหรือเปลี่ยนรูปร่างได้โดยสมบัติของพลาสติกไม่เปลี่ยนแปลง จึงสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ พอลิเมอร์ประเภทนี้มีโครงสร้างแบบเส้นหรือแบบกิ่ง มีการเชื่อมต่อระหว่างโซ่พอลิเมอร์น้อยมาก เช่น พอลิเอทิลีน พอลิโพรพิลีน พอลิสไตรีน และอีกประเภทหนึ่งคือ **พลาสติกเทอร์มอเซต** เป็นพลาสติกที่เมื่อได้รับความร้อนหรือแรงดันแล้วไม่สามารถนำกลับมาขึ้นรูปใหม่ได้อีก เพราะพอลิเมอร์ประเภทนี้มีโครงสร้างเป็นแบบร่างแห ถ้าได้รับความร้อนเพิ่มขึ้นจะแตกและไหม้ เช่น พอลิยูรีเทน

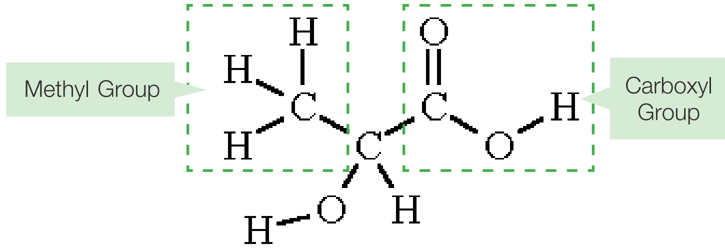
จากความต้องการในการใช้พลาสติกที่เพิ่มมากขึ้น ประกอบกับพลาสติกที่นำมาใช้ในชีวิตประจำวัน มักจะถูกใช้เพียงครั้งเดียวแล้วทิ้งไป การสลายตัวตามธรรมชาติของพลาสติกเหล่านี้ใช้เวลาตั้งแต่ 20 ปีจนถึงมากกว่า 1,000 ปี เช่น พอลิเอทิลีนที่มีความหนาแน่นสูง (High-density Polyethylene : HDPE) ใช้ระยะเวลาในการย่อยสลายเป็นหลายร้อยปี พอลิเอทิลีนที่มีความหนาแน่นต่ำ (Low-density Polyethylene : LDPE) ใช้ระยะเวลาในการย่อยสลาย 450 ปี แม้ว่าในปัจจุบันจะนำพลาสติกมาฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill) แต่ระยะเวลาในการย่อยสลายนานนี้เอง จึงทำให้เกิดปัญหาการจัดการขยะพลาสติก และต้องเร่งหาวิธีแก้ไข ทำให้นักวิทยาศาสตร์ นักวิจัย พยายามศึกษาและคิดค้นพลาสติกที่สามารถย่อยสลายได้ง่ายในธรรมชาติ และไม่มีความเป็นพิษต่อพืชและสัตว์ พลาสติกรูปแบบใหม่นี้มีชื่อว่า **“พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพหรือ Biodegradable plastic”**

พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพแบ่งออกเป็น 2 ประเภทตามชนิดของสารตั้งต้นที่นำมาผลิต ได้แก่ พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่ผลิตจากผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมี (Petroleum-based Biodegradable Plastics) และพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่ผลิตจากวัตถุดิบชีวมวล (Bio-based Biodegradable Plastics) ปัจจุบันพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่ผลิตจากวัตถุดิบชีวมวล ได้รับความสนใจและมีงานวิจัยอย่างกว้างขวางเพื่อพัฒนาและปรับปรุงคุณภาพของพอลิเมอร์ชนิดนี้ เนื่องจากเป็นวัตถุดิบที่สามารถเกิดทดแทนใหม่ได้ เมื่อนำพืชผลทางการเกษตรที่มีคาร์โบไฮเดรตมาผ่านกระบวนการย่อยแป้งให้กลายเป็นน้ำตาลกลูโคสด้วยกรดหรือเอนไซม์ แล้วเข้าสู่กระบวนการหมักโดยใช้แบคทีเรียในกลุ่ม Lactic Acid Bacteria จะได้กรดแลกติก (Lactic Acid) ที่สามารถนำไปใช้ในการผลิตเป็นพอลิแลกติก ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ

กรดแลกติก (Lactic acid)

มีชื่อตาม IUPAC ว่า 2-hydroxypropanoic acid เป็นกรดอินทรีย์มีสูตรโมเลกุล คือ $C_3H_6O_3$ ถูกค้นพบครั้งแรกในปี ค.ศ. 1780 โดยนักเคมีชาวสวีเดนชื่อว่า Carl Wilhelm Scheele

ภาพ 1 คาร์ล วิลเฮล์ม เชเลอ นักเคมีชาวสวีเดน (ค.ศ.1742 - 1786)
ที่มา http://www.chemistryexplained.com/Ru-Sp/Scheele-Carl.html

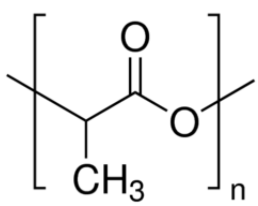


ภาพ 2 โครงสร้างทางเคมีของกรดแลกติก
ที่มา https://www.chem.purdue.edu/jmol/molecules/lacta.html

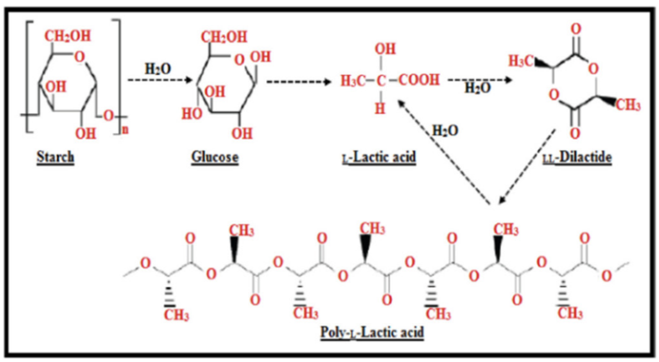
โครงสร้างของกรดแลกติกแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ตามสมบัติการเบี่ยงเบนระนาบของแสงโพลาไรซ์ คือ เบี่ยงเบนตามเข็มนาฬิกา (Dextrorotatory; D) และเบี่ยงเบนทวนเข็มนาฬิกา (Levorotatory; L) การผลิตกรดแลกติกในภาคอุตสาหกรรมจะใช้กระบวนการหมักน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวด้วยแบคทีเรีย โดยแบคทีเรียที่ใช้กันแพร่หลายคือ Lactobacillus, Lactic Acid Bacteria ซึ่งจะผลิตกรดแลกติกชนิด D หรือ L หรือ DL (สารผสม เรียกว่า Racemic Mixture) ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของเชื้อแบคทีเรีย ในธรรมชาติส่วนใหญ่จะพบชนิด L และ DL

การสังเคราะห์พอลิแลกติกแอซิด (Polylactic acid; PLA)

พอลิแลกติกแอซิด เป็นพอลิเมอร์ชนิดอะลิฟาติกพอลิเอสเทอร์ (Aliphatic Polyester) ซึ่งปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันแบบควบแน่นโดยตรงของกรดแลกติก (Condensation Polymerization) ทำให้พอลิแลกติกแอซิดมีมวลโมเลกุลต่ำประมาณ 1,000 - 5,000Da เมื่อนำมาผ่านปฏิกิริยาแตกตัวแบบย้อนกลับ (Depolymerization) จะได้ผลิตภัณฑ์เป็นแลกไทด์ซึ่งสามารถเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันแบบเปิดวง (Ring-opening Polymerization) ทำให้พอลิแลกติกแอซิดมีมวลโมเลกุลสูงมากกว่า 100,000Da มักเรียกพอลิเมอร์ที่เกิดจากกระบวนการนี้ว่า พอลิแลกไทด์ กระบวนการผลิตพอลิแลกติกแอซิดแสดงในดังภาพ 4



ภาพ 3 โครงสร้างทางเคมีของพอลิแลกติกแอซิด
ที่มา Li et al., 2018



ภาพ 4 ตัวอย่างกระบวนการผลิตพอลิแลกติกแอซิดโดยใช้แป้งเป็นสารตั้งต้น
ที่มา Ghaffar et al., 2014

การย่อยสลายของพอลิแลกติกแอซิด

เป็นการทำให้พันธะเอสเทอร์ในพอลิเมอร์แตกออกหรือถูกทำลาย ซึ่งในธรรมชาติอาจเกิดจากการกระตุ้นด้วยความร้อนทั้งจากกระบวนการทางชีวภาพและกายภาพ จากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส เอนไซม์ ปฏิกิริยาออกซิเดชัน การแตกสลายด้วยแสง (Photolysis) การแตกสลายด้วยรังสี (Radiolysis) เช่น การย่อยสลายโดยจุลินทรีย์หรือใช้เอนไซม์เฉพาะบางชนิด ทำให้สายพอลิเมอร์แตกออกได้เป็นกรดแลกติกกลับมาดังเดิม นอกจากนี้ ถ้าพอลิแลกติกแอซิดได้รับความร้อนต่อจนมีอุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส พอลิเมอร์จะอ่อนตัวมีลักษณะอ่อนนิ่มคล้ายยาง และสลายกลายเป็นสารประกอบที่ละลายน้ำได้ และจะถูกย่อยต่อไปด้วยจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ โดยมีเอนไซม์ proteinase K เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาจนกลายเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำในที่สุด (Richert et al., 2019)

ประโยชน์ของพอลิแลกติกแอซิด

จากสมบัติการย่อยสลายได้ทางชีวภาพนี้เอง จึงมีการนำไปประยุกต์ใช้ในหลาย ๆ ด้าน ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้พอลิแลกติกแอซิดในการผลิตบรรจุภัณฑ์ (Maga et al., 2019) นอกจากนี้ยังใช้ในด้านอื่น ๆ เช่น การแพทย์ การผลิตเส้นใยและสิ่งทอ และการบำบัดสารมลพิษทางชีวภาพ

ตัวอย่างการผลิตวัสดุโดยใช้พอลิแลกติกแอซิด

- **การผลิตบรรจุภัณฑ์ :** บรรจุภัณฑ์ต้านจุลินทรีย์ ตัวอย่างเช่น งานวิจัยจากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่มีการพัฒนาสูตรการผลิตบรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพสำหรับบรรจุลำไยอบแห้ง โดยวัสดุที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์จะเป็นพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแลกติกแอซิด พอลิบิวทิลีน อะดิเพทโคเทอเรฟทาเลท สารเพิ่มความเข้ากันได้ และผงแร่ดินเหนียวที่ดัดแปลงด้วยอนุภาคเงิน (วัสดุประเภทเงิน มีลักษณะคล้ายดินเหนียว) ซึ่งเป็นอนุภาคที่มีประสิทธิภาพในการยืดอายุของอาหาร โดยอาศัยการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่มีอยู่ในอาหาร เมื่อได้พอลิเมอร์ผสมที่มีสมบัติป้องกันจุลินทรีย์ที่อาจปนเปื้อนในอาหารจนทำให้เกิดการเน่าเสียจะช่วยเพิ่มอายุการเก็บรักษาแล้วจึงนำไปขึ้นรูปโดยการอัดรีดเป่าเป็นถุงพลาสติกใส และทดสอบสมบัติทางกายภาพ-ชีวภาพ เช่น ความยืดหยุ่น ความสามารถในการยืดอายุลำไยอบแห้งให้นานขึ้น

ภาพ 5 บรรจุภัณฑ์ที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยทีมวิจัยจากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ที่มา ข่าวสารคณะวิทยาศาสตร์ มช., 2558

■ **การแพทย์ :** นำมาใช้ผลิตเป็นอุปกรณ์สำหรับงานทางการแพทย์ (Biomedical Devices) เช่น ไหมเย็บแผลที่สลายตัวเองได้ อุปกรณ์การผ่าตัดปลูกถ่ายอวัยวะ วัสดุปลดปล่อยตัวยาซึ่งสามารถควบคุมปริมาณการปลดปล่อยยาและนำยาไปยังอวัยวะเป้าหมายได้ตามที่กำหนด เนื่องจากสามารถเข้ากับเนื้อเยื่อ (Bioimpatible) และสามารถดูดซึม (Bioresorbable) ในร่างกาย

ภาพ 5 ไหมละลาย
ที่มา https://www.indiamart.com/proddetail/catgut-suture-19346149848.html

■ **การผลิตเส้นใยและสิ่งทอ :** ชุดกีฬาที่สามารถถ่ายเทความชื้นจากเหงื่อได้เร็ว ช่วยลดกลิ่นอับชื้น (ผู้จัดการออนไลน์., 2558)

ภาพ 6 ชุดกีฬาที่ผลิตจากเส้นใยที่มีคุณสมบัติถ่ายเทความชื้นได้รวดเร็ว
ที่มา https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/51LUml6swRL._AC_UX679_.jpg

จากที่กล่าวมาข้างต้น การพัฒนาวัสดุที่มีความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมทั้งในด้านวัตถุดิบที่นำมาผลิต ตลอดจนกระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพด้วยเอนไซม์ ที่เมื่อย่อยสลายเสร็จสิ้นแล้ว ได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช อย่างไรก็ตาม การลดการใช้พลาสติกเป็นวิธีที่ดีที่สุดในการลดการเกิดขยะพลาสติก แต่ถ้าหลีกเลี่ยงการใช้พลาสติกไม่ได้ การเลือกใช้พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพจึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะช่วยลดมลภาวะของโลกให้ลดน้อยลงนั่นเอง

บรรณานุกรม

Chemistry and explained foundations and applications. Carl Scheele. Retrieved June 3, 2019, from http://www.chemistryexplained.com/Ru-Sp/Scheele-Carl.html.

Ghaffar, T. et al. (2014). Recent trends in lactic acid biotechnology: A brief review on production to purification. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences.* 7, 222 – 229.

Li, L. et al. (2018). Advances in functionalized polymer coatings on biodegradable magnesium alloys – A review. *Acta Biomaterialia.* 79, 23 – 36.

Maga, D. et al. (2019). Life cycle assessment of recycling options for polylactic acid. *Resources, Conservation & Recycling*. 149, 86 – 96.

Purdue University's Department of Chemistry. Structural Formula. Retrieved June 3, 2019, from https://www.chem.purdue.edu/jmol/molecules/lacta.html.

Richert, A. et al. (2019). Enzymatic degradation of bacteriostatic polylactide composites. *International Biodeterioration & Biodegradation.* 142, 103 – 108.

ข่าวสารคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปีที่ 21 เดือนตุลาคม-ธันวาคม 2558. สืบค้นเมื่อ 25 กันยายน 2562, จาก https://www.science.cmu.ac.th/prsci/upload/science_news/14-10-2015-288018545.pdf.

ผู้จัดการออนไลน์. 11 สิงหาคม 2558. โชว์สิ่งทอฝีมือไทยจากเส้นใยพลาสติกข้าวโพดครั้งแรก. สืบค้นเมื่อ 22 กรกฎาคม 2562, จาก https://mgronline.com/science/detail/9580000090933.

ลลิดา อ่ำบัว • นักวิชาการอาวุโส ฝ่ายโลกศึกษาเพื่อพัฒนาสิ่งแวดล้อม สสวท. • e-mail: lumbu@ipst.ac.th

คาร์บอน.....สำคัญไฉน

คาร์บอน (Carbon) เป็นธาตุพื้นฐานที่สำคัญและจำเป็น เนื่องจากคาร์บอนสามารถสร้างพันธะกับตัวเองและธาตุอื่นๆ เกิดเป็นสารประกอบมากมาย เช่น เมื่อคาร์บอนรวมตัวกับออกซิเจน ได้เป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช หากรวมกับไฮโดรเจน ได้เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ซึ่งหลายชนิดใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ของยานพาหนะ หรือเป็นสารตั้งต้นในอุตสาหกรรม นอกจากนี้ คาร์บอนยังเป็นส่วนประกอบของสารพันธุกรรม ซึ่งเป็นหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด โดยคาร์บอนเหล่านี้สามารถพบได้ทั้งในบรรยากาศ พื้นดิน พื้นน้ำ และสิ่งมีชีวิต คาร์บอนที่พบในแหล่งเหล่านี้สามารถเปลี่ยนแปลงหมุนเวียนได้อย่างไร มาศึกษาผ่านกิจกรรม การเดินทางของคาร์บอน

กิจกรรมการเดินทางของคาร์บอน

วัตถุประสงค์

1. อธิบายวัฏจักรคาร์บอน
2. ยกตัวอย่างกิจกรรมที่ทำให้เกิดการหมุนเวียนของอนุภาคคาร์บอนในวัฏจักรคาร์บอนได้
3. เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของวัฏจักรคาร์บอนช่วงก่อนการปฏิวัติอุตสาหกรรมกับหลังการปฏิวัติอุตสาหกรรม

วัสดุอุปกรณ์

1. ลูกเต๋าพลาสติกหรือลูกเต๋ากระดาษ (ทำจากแบบร่างที่กำหนดให้) จำนวน 2 ลูกที่มีสีแตกต่างกัน
2. ใบคำสั่ง
3. ชื่อแหล่งที่อยู่ทั้ง 8 แหล่ง
4. กระดาษปรู๊ฟ
5. ปากกาเมจิก
6. แบบบันทึกกิจกรรม
7. นกหวีด หรือ กระดิ่ง

ระยะเวลา 4 ชั่วโมง

ระดับชั้น มัธยมศึกษา

วิธีการทำกิจกรรม

1. สมมติให้ผู้ทำกิจกรรมทุกคนเป็น **“อนุภาคคาร์บอนในช่วงก่อนการปฏิวัติอุตสาหกรรมปี ค.ศ. 1700** หรือ **ปี พ.ศ. 2243”**
2. แบ่งกลุ่มผู้ทำกิจกรรมเป็น 8 กลุ่ม ตามแหล่งที่อยู่ โดยให้แต่ละแหล่งมีจำนวนอนุภาคเท่า ๆ กัน
3. เริ่มกิจกรรมโดย อนุภาคคาร์บอนแต่ละตัวเข้าไปอยู่ในแหล่งที่อยู่ของตน ทั้ง 8 แหล่ง ได้แก่ บรรยากาศ ระบบนิเวศบก ผิวหน้ามหาสมุทรหรือมหาสมุทรชั้นบน พื้นปฐพี ตะกอนบริเวณพื้นมหาสมุทร มหาสมุทรชั้นกลางและชั้นล่าง สัตว์ที่อาศัยอยู่ในทะเล และเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์
4. ตัวแทนอนุภาคคาร์บอนในแต่ละแหล่งที่อยู่ นับและบันทึกจำนวนอนุภาคคาร์บอนในแหล่งที่อยู่นั้น ๆ
5. อนุภาคคาร์บอนแต่ละตัวทอยลูกเต๋า 1 ครั้ง อ่านแต้มบนหน้าลูกเต๋าที่ปรากฏ จากนั้นอ่านใบคำสั่งที่ตรงกับแต้ม ซึ่งในใบคำสั่งจะระบุการเดินทางของอนุภาคคาร์บอนว่าจะต้องเดินทางไปที่ใดพร้อมกับเหตุผลของการเดินทาง และบันทึกผลลงในใบบันทึกกิจกรรม

ภาพ 1 ทอยลูกเต๋าและอ่านแต้มที่ปรากฏบนหน้าลูกเต๋า

ภาพ 2 อ่านใบคำสั่ง

ภาพ 3 บันทึกผลใบบันทึกกิจกรรม

6. เมื่อสัญญาณนกหวีดดังขึ้น ให้อนุภาคคาร์บอนเดินทางไปแหล่งที่อยู่ตามใบคำสั่ง แล้วเริ่มทอยลูกเต๋าครั้งที่ 2 อ่านแต้มและใบคำสั่งตามหน้าลูกเต๋า พร้อมบันทึกผล จากนั้นรอสัญญาณนกหวีด เพื่อเริ่มเดินทางครั้งใหม่
7. ทำซ้ำเช่นเดิมจนครบ 10 รอบ
8. เมื่อครบ 10 รอบ ให้ตัวแทนอนุภาคคาร์บอนในแต่ละแหล่งที่อยู่นับและบันทึกจำนวนอนุภาคคาร์บอน ในแหล่งที่อยู่นั้น ๆ แต่เปลี่ยนชุดอุปกรณ์ (ลูกเต๋าและใบคำสั่ง)
9. เริ่มเล่นเกมอีกครั้งหนึ่งเป็น **“ช่วงหลังการปฏิวัติอุตสาหกรรมปี ค.ศ. 1700 หรือปี พ.ศ. 2243”**
10. ให้อนุภาคคาร์บอนแต่ละตัวเข้าไปอยู่ในแหล่งที่อยู่เดิมของตน ตั้งแต่ช่วงก่อนการปฏิวัติอุตสาหกรรม หากจำไม่ได้หรือไม่แน่ใจ ให้ย้อนดูจากใบบันทึกกิจกรรม
11. ตัวแทนอนุภาคคาร์บอนในแต่ละแหล่งที่อยู่นับและบันทึกจำนวนอนุภาคคาร์บอน ในแหล่งที่อยู่นั้น ๆ
12. ทำซ้ำเหมือนช่วงก่อนการปฏิวัติอุตสาหกรรม โดยเริ่มจากอนุภาคคาร์บอนทอยลูกเต๋า ทำเช่นเดิมจนครบ 10 รอบ
13. เมื่อครบ 10 รอบ ให้ตัวแทนอนุภาคคาร์บอนในแต่ละแหล่งที่อยู่นับและบันทึกจำนวนอนุภาคคาร์บอนในแหล่งที่อยู่นั้น ๆ

14. จัดกลุ่มใหม่โดยมีเงื่อนไขคือ สมาชิกในกลุ่มใหม่ ต้องประกอบด้วยอนุภาคคาร์บอนที่เริ่มต้นในแหล่งที่อยู่ไม่ซ้ำกัน ดังนั้นใน 1 กลุ่ม จะมีอนุภาคคาร์บอนอย่างน้อย 8 ตัว จาก 8 แหล่งที่อยู่
15. จากนั้นให้แต่ละคนเลือกปากกาเมจิกที่สีไม่ซ้ำกัน เขียนเส้นทางการเดินทางของตนลงในกระดาษปรู๊ฟ โดยเขียนหัวลูกศรหันไปแหล่งที่อยู่ที่ต้องเดินทางไป หากอยู่ที่เดิมให้วงกลมล้อมรอบแหล่งที่อยู่เดิม

ภาพ 4 อนุภาคคาร์บอนในแต่ละแหล่งที่

ภาพ 5 เขียนเส้นทางการเดินทางของตนลงในกระดาษปรู๊ฟ

16. เปรียบเทียบเส้นทางการเดินทางของตนกับเพื่อนในกลุ่ม
17. เปรียบเทียบและอภิปรายเส้นทางการเดินทางของอนุภาคคาร์บอนช่วงก่อนและหลังการปฏิวัติอุตสาหกรรมปี ค.ศ. 1700 หรือปี พ.ศ. 2243
18. นำเสนอและสรุปผลการทำกิจกรรม

ภาพ 6 นำเสนอผลการทำกิจกรรม

สรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้จากกิจกรรม

1. สามารถอธิบายและยกตัวอย่างแหล่งกักเก็บคาร์บอนได้ว่า แหล่งกักเก็บคาร์บอน (Carbon pool) คือ สถานที่สำหรับทั้งกักเก็บและปลดปล่อยอนุภาคคาร์บอน เช่น แหล่งที่อยู่ทั้ง 8 แหล่ง ในกิจกรรม คือ บรรยากาศ ระบบนิเวศบก ผิวหน้ามหาสมุทรหรือมหาสมุทรชั้นบน พื้นปฐพี ตะกอนบริเวณพื้นมหาสมุทร มหาสมุทรชั้นกลางและชั้นล่าง สัตว์ที่อาศัยอยู่ในทะเล และเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์
2. สามารถอธิบายวัฏจักรคาร์บอนได้ว่า วัฏจักรคาร์บอน คือ การหมุนเวียนของอนุภาคคาร์บอนอย่างไม่มีที่สิ้นสุด จากกิจกรรมสามารถสังเกตการเดินทางของอนุภาคคาร์บอนได้หลายแบบ เช่น อนุภาคคาร์บอนที่เริ่มต้น ณ จุดเดียวกัน อาจไม่ได้มีการหมุนเวียนเหมือนกันทุกประการ และอาจจบลงที่จุดเดียวกันหรือจุดอื่น ๆ ก็ได้ นอกจากนี้อนุภาคคาร์บอนบางอนุภาคสามารถเดินทางจากจุดเริ่มต้นแล้วมาจบลงที่แหล่งที่อยู่เดิม ในขณะที่อนุภาคบางตัวไม่ได้เปลี่ยนแปลงแหล่งที่อยู่เลย แต่มีกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์เข้าไปแทรกแซงการหมุนเวียนของอนุภาคคาร์บอนได้

3. สามารถจำแนกประเภทของการเปลี่ยนแปลงของวัฏจักรคาร์บอน โดยใช้ระยะเวลาเป็นเกณฑ์ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ การหมุนเวียนระยะสั้นและการหมุนเวียนระยะยาว

- **การหมุนเวียนระยะสั้น** เป็นการหมุนเวียนของคาร์บอนโดยใช้เวลาประมาณ 10 - 100 ปี ส่วนใหญ่จะเกิดบริเวณชั้นบรรยากาศ กับระบบนิเวศบนบกหรือมหาสมุทร ดังภาพ 7

ภาพ 7 การหมุนเวียนของอนุภาคคาร์บอนระยะสั้น

ข้อสังเกต หากสังเกตที่ผลงานของนักเรียน ในภาพ 7 จะพบทิศทางของลูกศรชี้ไปได้ทุกแหล่งที่อยู่ แสดงถึงการหมุนเวียนของอนุภาคคาร์บอน

ตัวอย่างการหมุนเวียนของอนุภาคคาร์บอน เช่น อนุภาคคาร์บอนในรูปคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศถูกพืชนำมาใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

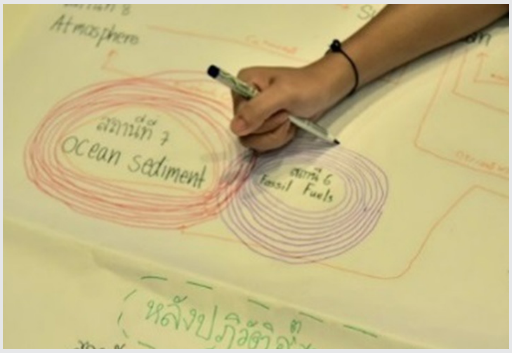
$$6CO_2 + 12H_2O \xrightarrow{\text{พลังงานแสงและคลอโรฟิลล์}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O$$

จากนั้นคาร์บอนจะถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของน้ำตาล แล้วจึงเปลี่ยนเป็นแป้ง และถูกสะสมในต้นไม้ ดังนั้นคาร์บอนจึงย้ายจากบรรยากาศไปอยู่ในพืช

- **การหมุนเวียนระยะยาว** เป็นการหมุนเวียนของคาร์บอนผ่านโครงสร้างโลกทั้งแผ่นดิน มหาสมุทร ซึ่งใช้เวลายาวนานมาก บางสถานที่ใช้เวลามากกว่า 1,000,000 ปี

ข้อสังเกต หากสังเกตที่ผลงานของนักเรียน ดังภาพ 8 จะพบลูกศรวนล้อมรอบแหล่งที่อยู่ แสดงถึงการหมุนเวียนของอนุภาคคาร์บอนที่น้อยมากหรือแทบไม่มีเลย

ตัวอย่างการหมุนเวียนของอนุภาคคาร์บอน เช่น อนุภาคคาร์บอนในรูปแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ รวมกับไอน้ำในบรรยากาศ กลายเป็นกรดคาร์บอกนิก เมื่อน้ำในสภาพกรดไหลผ่านภูเขาหินปูนจะเกิดการกัดเซาะ



ภาพ 8 การหมุนเวียนของอนุภาคคาร์บอนระยะยาว

$$CO_2 \text{ (s)} + H_2O \text{ (l)} \longrightarrow H_2CO_3 \text{ (aq)} \text{ ------- (1)}$$

เมื่อน้ำในสภาพเป็นกรดไหลซึมลงสู่ภูเขาหินปูน หรือถ้ำใต้พื้นดิน สารละลายกรดคาร์บอนิกจะทำปฏิกิริยากับแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ได้เป็นแคลเซียมไบคาร์บอเนตหรือแคลเซียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต

$$H_2CO_3 \text{ (aq)} + CaCO_3 \text{ (s)} \longrightarrow Ca(HCO_3)_2 \text{ (aq)} \text{ ------- (2)}$$

จากนั้นสารละลายแคลเซียมไบคาร์บอเนตจะไหลไปตามพื้นดิน เพดานถ้ำ พื้นถ้ำ และเมื่อถูกชะล้างไปพร้อม ๆ กับฝนจะไหลตามพื้นดินลงสู่แหล่งน้ำ หากน้ำระเหยออกไป กลายเป็นแคลเซียมคาร์บอเนตสะสมในแหล่งน้ำ

$$Ca(HCO_3)_2 \text{ (aq)} \longrightarrow CaCO_3\text{(s)} + H_2O \text{ (l)} + CO_2 \text{ (g)} \text{ ------- (3)}$$

จาก (1), (2), (3) ปริมาณ CO_2 จึงสมดุลได้ในวงจรนี้

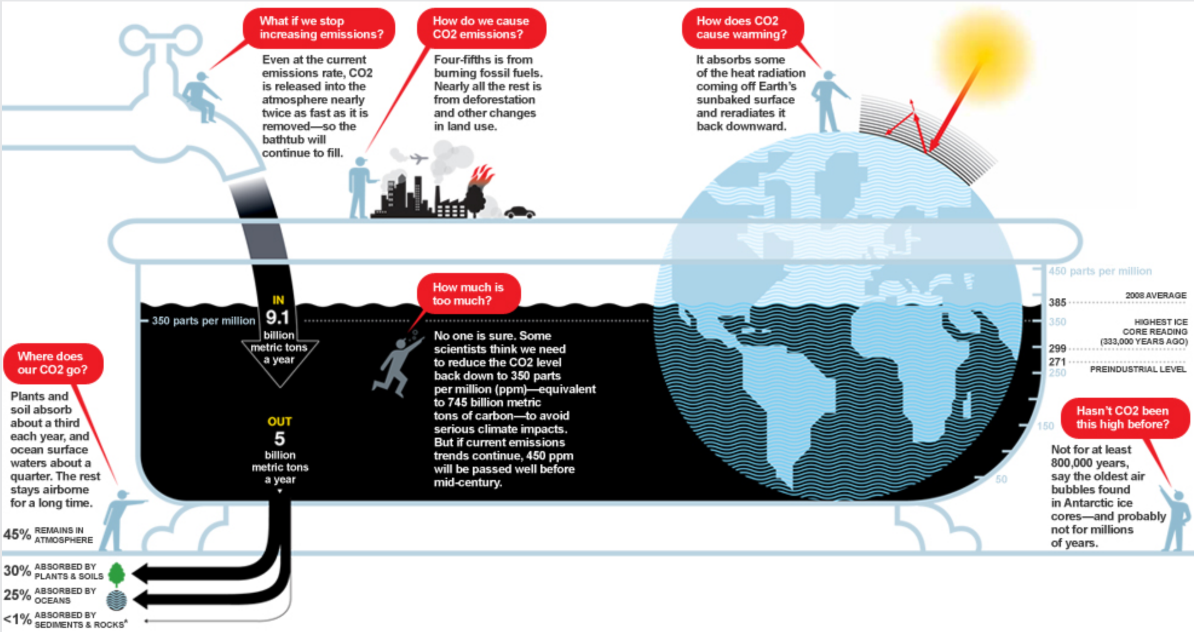
แคลเซียมคาร์บอเนตบางส่วนจะใช้ในการสร้างโครงสร้างของสิ่งมีชีวิต เช่น เปลือกหอย ปะการัง เมื่อสัตว์ทะเลตายจะเหลือโครงสร้างทิ้งไว้ และโครงสร้างจะค่อย ๆ จมลงจนสะสมเป็นตะกอนพื้นสมุทร

ภาพ 9 การหมุนเวียนของอนุภาคคาร์บอนระยะยาว
ที่มา https://www.youtube.com/watch?v=AeUaT93oNek

สำหรับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นภายในวัฏจักรคาร์บอน จะถูกกลไกทางธรรมชาติควบคุมให้อยู่ในสมดุลเสมอ เช่น มีลมและคลื่นเป็นตัวช่วยทำให้ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายอยู่บริเวณผิวน้ำทะเลยังคงความสมดุลกับความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศเสมอ นอกจากนี้ ยังมีกระแสน้ำในมหาสมุทรเป็นตัวช่วยหมุนวนอนุภาคคาร์บอน หากคาร์บอนในรูปแคลเซียมคาร์บอเนตถูกชะล้างจากบกลงสู่ทะเล ทำให้ทะเลมีแนวโน้มที่จะมีปริมาณคาร์บอนเพิ่มขึ้น กระแสน้ำในมหาสมุทรจะพัดพาอนุภาคคาร์บอนลงสู่มหาสมุทรที่ลึก จนตกเป็นตะกอนก้นทะเล

แต่ในปัจจุบันกิจกรรมหลายอย่างของมนุษย์ได้เข้าไปแทรกแซงสมดุลของธรรมชาติ เช่น อนุภาคคาร์บอนที่ถูกเก็บกักในรูปเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ที่อยู่ทั้งพื้นมหาสมุทรและพื้นดิน แต่เดิมอนุภาคคาร์บอนจะไม่ถูกรบกวนเป็นเวลานับล้านปี แต่จะออกมาสู่บรรยากาศเมื่อมีเหตุการณ์ทางธรรมชาติ เช่น ภูเขาไฟระเบิด หรือ ไฟไหม้ป่าจากธรรมชาติ (ฟ้าผ่า อากาศแห้ง) โดยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยออกมานี้ จะถูกต้นไม้ดูดซับในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ทำให้ปริมาณคาร์บอนยังคงอยู่ในสมดุล แต่เมื่อเข้าสู่ช่วงปฏิวัติอุตสาหกรรม มนุษย์นำเชื้อเพลิง

ซากดึกดำบรรพ์มาใช้เป็นวัตถุดิบ ในการเผาไหม้เชื้อเพลิงทั้งในโรงงานอุตสาหกรรม และการคมนาคม ทำให้มีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่บรรยากาศเพิ่มขึ้นมากอย่างต่อเนื่อง ประกอบกับจำนวนต้นไม้ที่ลดลง จากการบุกรุกพื้นที่ป่าเพื่อเป็นที่อยู่อาศัย และการประกอบอาชีพ จึงทำให้แหล่งดูดซับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ลดลงอย่างมาก ส่งผลต่อเนื่องให้เกิดการไม่สมดุล ดังนั้น เราทุก ๆ คน ควรช่วยกันลดกิจกรรมที่นำไปสู่การปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่บรรยากาศเพื่อช่วยรักษาสมดุลของการหมุนเวียนในวัฏจักรคาร์บอนให้คืนกลับมา



ภาพ 10 ภาพจาก The Carbon Bathtub.” National Geographic, Dec 2009.
ที่มา https://media.nationalgeographic.org/assets/file/changing-climate-ch3.pdf

จะเห็นได้ว่า กิจกรรมการเดินทางของคาร์บอน เป็นกิจกรรมที่ช่วยให้นักเรียนเข้าใจการหมุนเวียนของวัฏจักรคาร์บอนได้ง่ายและชัดเจน ฝ่าย GLOBE สสวท. จึงขอเชิญชวนให้ผู้สนใจนำไปใช้ในห้องเรียน หากได้ผลเป็นอย่างไร โปรดแสดงความคิดเห็น ผ่าน QR code นี้ เพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน

เอกสารอื่น ๆ (ชื่อแหล่งกักเก็บคาร์บอน ใบคำสั่ง แบบบันทึกกิจกรรม และแบบลูกเต๋า สามารถดาวน์โหลดได้จาก Carbon Travel Game) https://www.globe.gov/documents/355050/c8fbe3d4-e7d3-4b6a-9629-38f616b59ff6

บรรณานุกรม

Carbon cycle. สืบค้นเมื่อ 10 กันยายน 2562, จาก https://www.sciencelearn.org.nz/image_maps/3-carbon-cycle.

How Stalactites and Stalagmites Form. สืบค้นเมื่อ 14 กันยายน 2562, จาก https://www.nps.gov/ozar/learn/education/speleothems.htm.

Matthew Jones, ocean layers and mixing. สืบค้นเมื่อ 10 กันยายน 2562, จาก https://timescavengers.blog/climate-change/ocean-layers-mixing/.

Ocean Chemistry & Acidification. สืบค้นเมื่อ 10 กันยายน 2562, จาก https://timescavengers.blog/climate-change/ocean-chemistry-ocean-acidification/.

Ocean Acidification., National Oceanic and Atmospheric Administration. สืบค้นเมื่อ 10 กันยายน 2562, จาก http://www.pmel.noaa.gov/co2/story/Ocean+Acidification.

The Carbon Bathtub.” National Geographic, Dec 2009. สืบค้นเมื่อ 10 กันยายน 2562, จาก http://ngm.nationalgeographic.com/big-idea/05/carbon-bath.

The Carbon Cycle, 2007 NESTA with modifications by UCAR. สืบค้นเมื่อ 10 กันยายน 2562, จาก https://scied.ucar.edu/carbon-cycle.

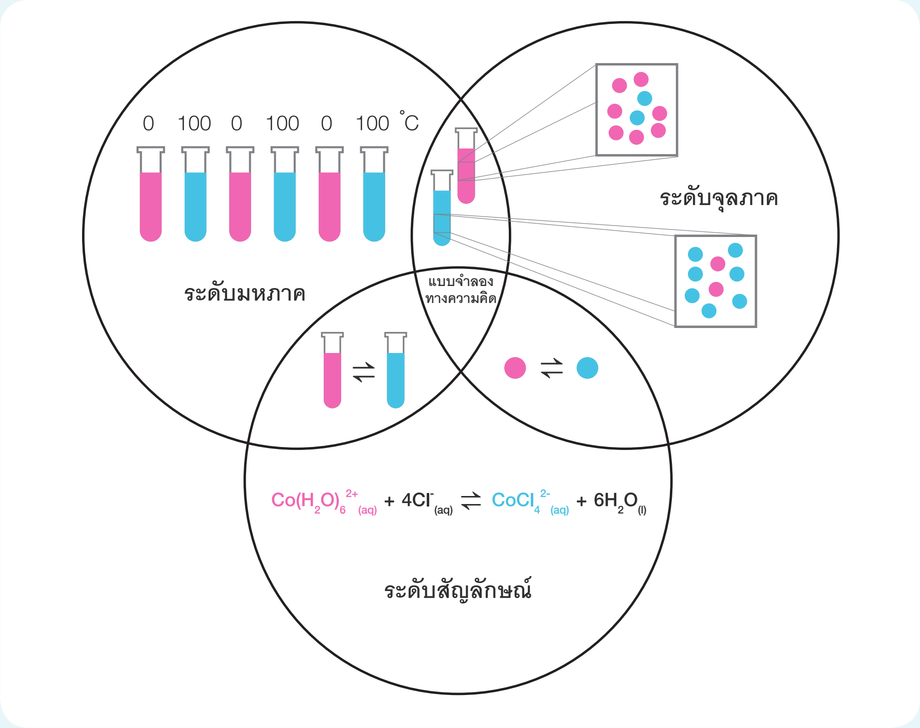
The ocean carbon cycle. สืบค้นเมื่อ 10 กันยายน 2562, จาก https://www.iaea.org/topics/oceans-and-climate-change/the-ocean-carbon-cycle.

What is the carbon cycle?. สืบค้นเมื่อ 20 กันยายน 2562, จาก https://oceanservice.noaa.gov/facts/carbon-cycle.html.

อนุพงศ์ ไพรศรี • ครูผู้ช่วย โรงเรียนนารีรัตน์จังหวัดแพร่ • e-mail: anupong.pr@ku.th
ชาตรี ฝ่ายคำตา • รองศาสตราจารย์ สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
• e-mail: chatreechem@yahoo.com

การจัดการเรียนรู้วิชาเคมี โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่เน้นกระบวนการโต้แย้ง
(Argumentation within Model-based Learning in Chemistry)

เคมีเป็นศาสตร์ที่ศึกษาเกี่ยวกับสสาร (Matter) และการเปลี่ยนแปลงของสสาร เนื้อหาส่วนใหญ่เป็นนามธรรมซึ่งมนุษย์ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า นักเคมีมักจะอธิบายการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของสสารใน 3 ระดับ ได้แก่ ระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ (Johnstone, 1993, 2000) ตัวอย่างการเชื่อมโยงการเปลี่ยนแปลงของสสารใน 3 ระดับ เรื่องปฏิกิริยาผันกลับได้ แสดงดังภาพ 1



ภาพ 1 การเชื่อมโยงการเปลี่ยนแปลงของสสารใน 3 ระดับเรื่องปฏิกิริยาผันกลับได้ (Devetak, 2005)

จากภาพ 1 นักเคมีเริ่มต้นจากการสังเกตปรากฏการณ์ที่มองเห็นด้วยตาเปล่า ซึ่งพบว่าสีของสารละลายเปลี่ยนสลับไปมาระหว่างสีชมพูกับสีน้ำเงิน เมื่อนำสารละลายผสมระหว่างโคบอลล์ (II) ซัลเฟตกับกรดไฮโดรคลอริก ไปทำให้มีอุณหภูมิลดลง และให้ความร้อนสลับไปมา เรียกการอธิบายการเปลี่ยนแปลงเช่นนี้ว่า การเปลี่ยนแปลงระดับมหภาค (Macroscopic level) แต่การที่จะอธิบายพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงของสสารเหล่านั้นว่าทำไมจึงเกิดเช่นนั้น ต้องใช้การอธิบายในระดับจุลภาค (Microscopic level) โดยกล่าวว่า อนุภาคของสารตั้งต้นทำปฏิกิริยากันแล้วเกิดเป็นผลิตภัณฑ์ จากนั้นอนุภาคของผลิตภัณฑ์สามารถทำปฏิกิริยากันกลับมาเป็นสารตั้งต้นได้ ทั้งนี้ในปฏิกิริยาจะต้องมีอนุภาคสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์เหลืออยู่ เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าและย้อนกลับ เมื่อจะสื่อสารให้เข้าใจและเห็นภาพ จึงจำเป็นต้องเชื่อมโยงการเปลี่ยนแปลงทั้ง 2 ระดับด้วยการเปลี่ยนแปลงในระดับสัญลักษณ์ (Symbolic level) ซึ่งสัญลักษณ์ทางเคมีที่กำหนดขึ้นมาคือ สมการเคมีที่มีหัวลูกศรชี้ไปข้างหน้าและย้อนกลับ เพื่อแสดงการเกิดปฏิกิริยาเคมีผันกลับได้ อย่างไรก็ตาม การอธิบายการเปลี่ยนแปลงทั้ง 3 ระดับล้วนมีความเชื่อมโยงไม่ได้แยกออกจากกัน (Devetak, 2005 cited in Abd Halim et al., 2013)

การจัดการเรียนรู้ในวิชาเคมี จึงคาดหวังให้นักเรียนสามารถสร้างภาพในสมองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางเคมีและเชื่อมโยงการเปลี่ยนแปลงทั้ง 3 ระดับเหมือนกับนักเคมี ทั้งนี้ นักเรียนจะมีแบบจำลองทางความคิด (Mental Models) ของตนเอง (Davidowitz & Chittleborough, 2009) ซึ่งอาจสอดคล้องหรือไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Model) โดยทั่วไปนักเรียนจะมีแบบจำลองทางความคิดแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับความรู้เดิมและประสบการณ์ของแต่ละคน และจะมีแบบจำลองทางความคิดแตกต่างจากแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ บทความนี้จึงขอเสนอวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และวิธีการจัดการเรียนรู้นี้จะผนวกกับกระบวนการโต้แย้ง

ลักษณะของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่เน้นกระบวนการโต้แย้ง

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่เน้นกระบวนการโต้แย้งมีลักษณะที่สำคัญ ดังนี้

1. **การสร้างองค์ความรู้ด้วยตัวเองผ่านกระบวนการสร้างแบบจำลอง** ให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่จะศึกษา โดยใช้ความรู้เดิมหรือประสบการณ์ของนักเรียน ซึ่งแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนส่วนใหญ่จะแตกต่างจากแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ครูจึงควรเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงแบบจำลองทางความคิดออกมาอย่างเต็มที่ เช่น การวาดภาพ การอธิบาย การอภิปรายโต้แย้ง การแสดงบทบาทสมมติ

2. **การร่วมกันสร้างองค์ความรู้เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนปรับปรุง/ดัดแปลงแบบจำลองให้สมบูรณ์ขึ้น** โดยการมีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างครูกับนักเรียนหรือนักเรียนกับนักเรียน จะทำให้แบบจำลองที่สร้างขึ้นเข้าใกล้แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น ตัวอย่างเช่น ถ้าแบบจำลองที่สร้างขึ้นไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้ ครูอาจต้องใช้คำถามกระตุ้นให้เกิดการอภิปรายโต้แย้งร่วมกันระหว่างครูกับนักเรียนหรือนักเรียนด้วยกันเอง เพื่อปรับปรุงแบบจำลองให้สมบูรณ์ขึ้น

3. **การอภิปรายโต้แย้งโดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ประเมินความสอดคล้องกับแบบจำลองที่สร้างขึ้น** โดยนักเรียนต้องรวบรวมข้อมูลเชิงประจักษ์ เพื่อเป็นหลักฐานในการตรวจสอบความสอดคล้องของแบบจำลองที่สร้างขึ้น นักเรียนจะต้องพยายามยืนยันข้อกล่าวอ้างหรือแบบจำลองที่สร้างขึ้นว่าถูกต้องแล้ว ด้วยการอธิบายโดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ หรืออธิบายการปรับเปลี่ยนแบบจำลองใหม่ว่าดีกว่าเก่าอย่างไรด้วยการอธิบายโดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์เช่นกัน

ตัวอย่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่เน้นกระบวนการโต้แย้ง

ในบทความนี้ใช้เรื่อง **ปฏิกิริยาผันกลับได้** โดยมีแนวคิดหลักคือ สารตั้งต้นทำปฏิกิริยากันแล้วเกิดเป็นผลิตภัณฑ์และผลิตภัณฑ์สามารถทำปฏิกิริยากันแล้วเกิดกลับมาเป็นสารตั้งต้นได้ โดยในปฏิกิริยาจะต้องมีทั้งอนุภาคของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์เหลืออยู่เพื่อเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าและย้อนกลับ สมการเคมีที่แสดงปฏิกิริยาเคมีที่ผันกลับได้ จะมีลูกศรที่มีหัวชี้ไปข้างหน้าและย้อนกลับ เช่น $Co(H_2O)_6^{2+}(aq) + 4Cl^-(aq) \rightleftharpoons CoCl_4^{2-}(aq) + 6H_2O(l)$

นอกจากนี้ ยังพบว่านักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในแนวคิดเรื่องปฏิกิริยาผันกลับได้ เช่น นักเรียนเข้าใจว่าปฏิกิริยาไปข้างหน้าจะต้องเกิดขึ้นสมบูรณ์ก่อนจึงจะเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2551; เยาวเรศ ใจเย็นและคณะ, 2550) สาเหตุของความเข้าใจคลาดเคลื่อนอาจเป็นเพราะสังเกตได้ว่าสีของสารละลายเปลี่ยนสลับไปมา การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่เน้นกระบวนการโต้แย้ง อาจช่วยแก้ไขความเข้าใจคลาดเคลื่อนดังกล่าวด้วยการสร้างแบบจำลองให้มีความรูปธรรม ลักษณะการจัดการเรียนรู้เป็นดังนี้

ขั้นที่ 1 การสร้างแบบจำลองทางความคิด เป็นขั้นที่กระตุ้นให้นักเรียนแสดงแบบจำลองความคิดของตนเองเพื่อตรวจสอบความรู้เดิม/ความรู้พื้นฐานของนักเรียน โดยครูจะให้นักเรียนสังเกตปรากฏการณ์ทางเคมีที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ต้องการตรวจสอบ

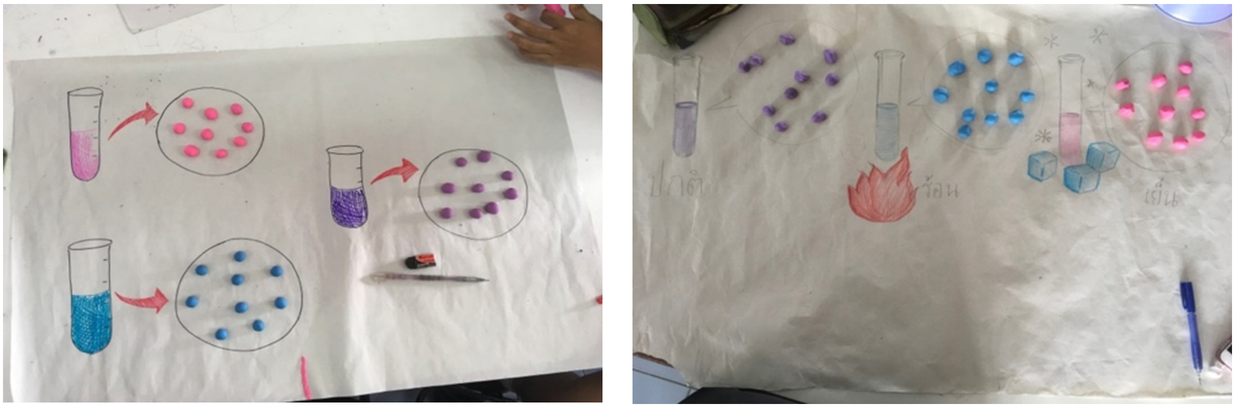
ครูตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนเรื่องการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมี โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นหรือตัดสินใจผ่านสถานการณ์ในชีวิตประจำวันที่กำหนด โดยการยกธงสีแดง สีเหลือง หรือสีเขียว (สีแดง หมายถึงการเปลี่ยนแปลงทางเคมี สีเหลือง หมายถึงการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ และสีเขียว หมายถึงการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและกายภาพ) รวมทั้งต้องบอกเหตุผลว่าทำไมจึงเลือกคำตอบนี้ **จะเห็นว่าการเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็น ทำให้ครูทราบว่านักเรียนมีความรู้เดิมเป็นอย่างไร** จากการสอนพบว่านักเรียนบางคนเข้าใจว่าการหั่นผลไม้ (ภาพ 2) ไม่ใช่การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เนื่องจากไม่มีการเปลี่ยนสถานะ สะท้อนความเข้าใจของนักเรียนได้ว่าการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพจะต้องเป็นการเปลี่ยนสถานะเท่านั้น เมื่อทราบว่านักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่คลาดเคลื่อน และให้เหตุผลโดยใช้ความคิดมากกว่าข้อมูลเชิงประจักษ์ **ครูใช้คำถามส่งเสริมให้นักเรียนกลุ่มอื่นแสดงความเห็นต่าง** โดยถามว่า “มีกลุ่มใดคิดต่างจากเพื่อนบ้าง” นักเรียนกลุ่มหนึ่งตอบว่า “มันมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง แต่ไม่มีสารใหม่เกิดขึ้นจึงเป็นการเปลี่ยนแปลงกายภาพ” จะเห็นได้ว่านักเรียนกลุ่มนี้ใช้ข้อมูลเชิงประจักษ์ในการให้เหตุผลจึงทำให้ข้อกล่าวอ้างมีน้ำหนักมากกว่าซึ่งนำไปสู่ข้อสรุปของคำตอบ เมื่อนักเรียนแยกความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงทั้งสองแล้ว ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายความหมายของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ โดยพิจารณาจากสมการเคมีที่มีลูกศรไปในทางเดียว ซึ่งเมื่อสารทำปฏิกิริยากัน ถ้าสารตั้งต้นตัวใดตัวหนึ่งหมดปฏิกิริยาจะยุติ **ครูใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสร้างข้อโต้แย้งและนำไปสู่การหาหลักฐานเชิงประจักษ์**ในขั้นถัดไป โดยถามว่า “ปฏิกิริยาเคมีสามารถเกิดย้อนกลับได้หรือไม่” “นักเรียนรู้ได้อย่างไร”

ภาพ 2 สถานการณ์การหั่นผลไม้และกิจกรรมยกธงแสดงความคิดเห็นผ่านสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน

ขั้นที่ 2 การทดสอบแบบจำลอง เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนจำลองปรากฏการณ์ทางเคมี (ปรากฏการณ์ที่จะศึกษา) ผ่านกระบวนการทดลอง/ทดสอบที่สังเกตหรือวัดได้ ผลที่ได้จากการทดลองจะเป็นข้อมูล/หลักฐานเชิงประจักษ์ นักเรียนจะต้องสร้างแบบจำลองในระดับอนุภาค/สัญลักษณ์ให้มีความสอดคล้องกับผลการทดลอง

ครูให้นักเรียนทดลอง การทำปฏิกิริยาของสารละลายโคบอลล์ (II) ซัลเฟต กับกรดไฮโดรคลอริก แล้วนำสารไปทำให้มีอุณหภูมิลดลง และทำให้มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นสลับไปมา และบันทึกสิ่งที่สังเกตได้ด้วยตาเปล่า ผลการทดลองพบว่า สารละลายเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินเมื่อให้ความร้อน และสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพูเมื่อมีอุณหภูมิลดลง **ผลการทดลองเป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ในการตรวจสอบความสอดคล้องกับแบบจำลองทางความคิดที่สร้างขึ้น ครูให้นักเรียนใช้ดินน้ำมันแสดงการเปลี่ยนแปลงในปฏิกิริยาผันกลับได้ตามการเปลี่ยนสีของสารละลาย และอธิบายพฤติกรรมของสสารในระดับอนุภาค** โดยให้ดินน้ำมันสีชมพู (แทนอนุภาคของสารที่มีสีชมพู ($[Co(H_2O)_6]^{2+}$) และปั้นดินน้ำมันสีน้ำเงิน (แทนอนุภาคของสารที่มีสีน้ำเงิน ($CoCl_4^{2-}$) สำหรับอนุภาคของ Cl^- และ H_2O ไม่ต้องแสดงเนื่องจากอนุภาคไม่มีสี ครูให้

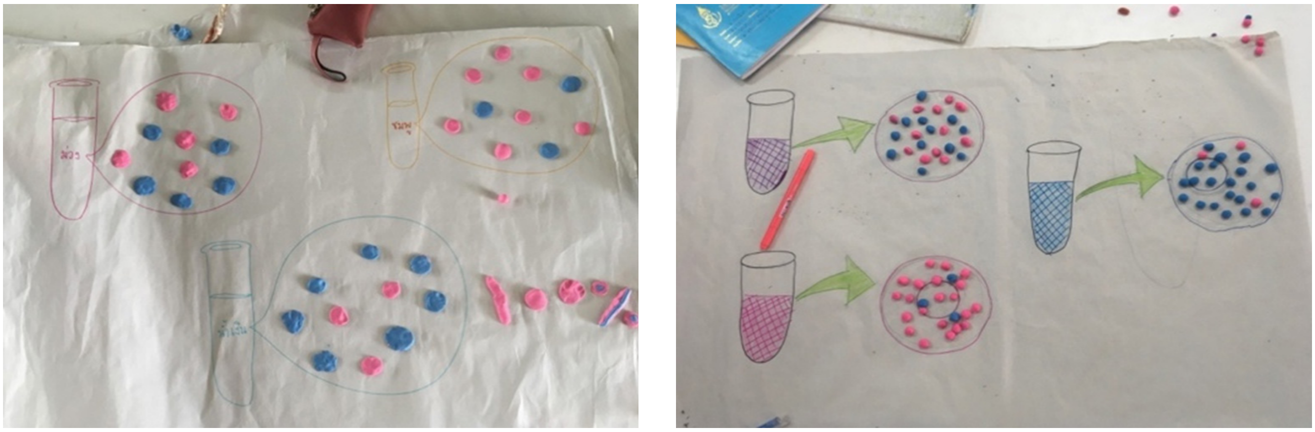
นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดของกลุ่มของตนเอง จากนั้น**ครูใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจระหว่างแบบจำลองกับผลการทดสอบ** โดยถามว่า *"ดินน้ำมันที่นักเรียนปั้นนั้นสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงสีของสารละลายหรือไม่"* นักเรียนส่วนใหญ่ตอบว่า ปั้นดินน้ำมันตามสีที่บันทึกจากการผลทดลอง ได้แบบจำลองดังภาพ 3 จากภาพจะเห็นว่ามีนักเรียนบางกลุ่มปั้นดินน้ำมันสีม่วง เนื่องจากเป็นสีที่นักเรียนสังเกตได้เมื่อตอนเริ่มต้นก่อนการให้ความร้อนและการลดอุณหภูมิ และให้เหตุผลว่าน่าจะเป็นสีผสมระหว่างสีน้ำเงินและสีชมพู



ภาพ 3 แบบจำลองทางความคิดเพื่ออธิบายการเปลี่ยนแปลงสีของสารละลายจากการทดลอง

ขั้นที่ 3 การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง เป็นขั้นที่แต่ละกลุ่มนำเสนอแบบจำลองที่กลุ่มตนเองสร้างขึ้น ขั้นนี้ครูและเพื่อนกลุ่มอื่นสามารถซักถาม อภิปรายร่วมกัน นักเรียนจะได้เห็นความแตกต่างของแบบจำลอง ซึ่งจะเกิดกระบวนการโน้มน้าวจนมีการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองจนกระทั่งสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ได้ และนำมาสู่แบบจำลองมติกลุ่ม (Consensus model)

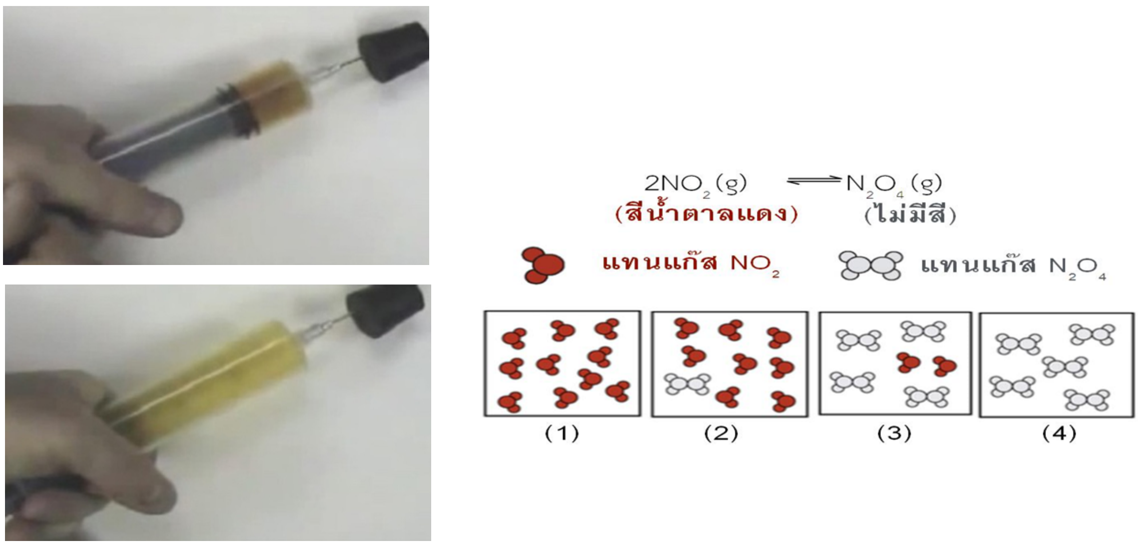
ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนนำเสนอแบบจำลองของแต่ละกลุ่ม เพื่อร่วมกันดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองจนได้แบบจำลองมติกลุ่ม จากการสอนพบว่า นักเรียนมีแบบจำลองแตกต่างกัน ทำให้เกิดกระบวนการโน้มน้าวเพื่อร่วมกันพัฒนาแบบจำลองให้ถูกต้อง โดย**ครูเปิดโอกาสให้กลุ่มที่มีแบบจำลองไม่ถูกต้องนำเสนอก่อน และยังไม่บอกว่าถูกหรือผิด แต่เลือกที่จะใช้คำถามว่า "มีกลุ่มใดที่แตกต่างจากกลุ่มนี้บ้าง" เพื่อเปิดโอกาสให้กลุ่มที่มีแบบจำลองถูกต้องโน้มน้าวให้กลุ่มอื่นเชื่อว่ากลุ่มของตนสร้างแบบจำลองได้ถูกต้อง** นักเรียนกลุ่มหนึ่งให้เหตุผลว่า "มันจะต้องไม่เป็นสีน้ำเงินหรือชมพูล้วน มันจะต้องมีตัวเหลือ เพื่อทำให้ปฏิกิริยาเกิดไปข้างหน้าและย้อนกลับได้เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง" จากเหตุผลสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนสามารถแยกความแตกต่างระหว่างปฏิกิริยาผันกลับได้กับปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ได้ เนื่องจากปฏิกิริยาที่ศึกษาเป็นปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ จึงต้องมีอนุภาคของสารทุกสารในปฏิกิริยาเหลืออยู่ ดังแบบจำลองที่แสดงในภาพ 4 จากนั้น**ครูใช้คำถามที่ทำให้มีการดัดแปลงแบบจำลอง** เช่น "เห็นด้วยกับกลุ่มนี้หรือไม่" หรือ "ถ้าครูให้โอกาสแก้ไขจะแก้ไขอย่างไร" เมื่อได้แบบจำลองมติกลุ่มเรียบร้อยแล้ว **ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปการเชื่อมโยงแบบจำลองทางความคิดใน 3 ระดับเรื่องปฏิกิริยาผันกลับได้** โดยเชื่อมโยงผลการเปลี่ยนแปลงสีของสารละลายจากการทดลองที่สังเกตได้กับการเปลี่ยนแปลงในระดับอนุภาคด้วยการปั้นดินน้ำมัน และครูเพิ่มเติมด้วยการกำหนดสมการที่มีหัวลูกศรชี้ไปข้างหน้าและย้อนกลับ เพื่อเป็นสัญลักษณ์ของปฏิกิริยาเคมีผันกลับได้ แบบจำลองทางความคิดเรื่องปฏิกิริยาเคมีผันกลับได้ที่สมบูรณ์เป็นไปดัง ภาพ 1 อย่างไรก็ตามการอธิบายเปลี่ยนแปลงทั้ง 3 ระดับ ครูและนักเรียนต้องร่วมมือ และช่วยเหลือกันในการอธิบายปรากฏการณ์ ตัวอย่างเช่น ถ้านักเรียนไม่สามารถสร้างสัญลักษณ์ได้ ครูอาจให้ความรู้เพิ่มเติม หรือแสดงสัญลักษณ์เป็นตัวอย่าง



ภาพ 4 แบบจำลองมติกลุ่มที่ผ่านการโน้มน้าวมาแล้วและอธิบายปรากฏการณ์ได้ดีขึ้น

ขั้นที่ 4 การขยายแบบจำลอง ในขั้นนี้นักเรียนจะใช้แบบจำลองที่ผ่านการแก้ไขแล้ว มาอธิบายและทำนายปรากฏการณ์อื่น ๆ ซึ่งจะทำให้นักเรียนมั่นใจว่าแบบจำลองที่ตนสร้างขึ้นสามารถอธิบายปรากฏการณ์อื่นได้

นักเรียนใช้แบบจำลองมติกลุ่มที่ผ่านการดัดแปลงแก้ไขมาแล้ว มาอธิบายหรือทำนายสถานการณ์ใหม่เพื่อเป็นการขยายแบบจำลองให้กว้างขึ้น โดยครูให้นักเรียนดูวีดิทัศน์การเปลี่ยนแปลงสีของแก๊สในปฏิกิริยาระหว่างแก๊ส N_2O_4 กับแก๊ส NO_2 นักเรียนจะเห็นสีของสารละลายเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้มสลับกับสีน้ำตาลอ่อน เมื่อดันก้านหลอดฉีดยาเข้าออกดังภาพ 5 จากนั้นครูให้ภาพแบบจำลองในระดับอนุภาคและให้นักเรียนตอบคำถามเช่น “นักเรียนคิดว่าแบบจำลองหมายเลขใดที่เกิดปฏิกิริยาผันกลับได้” นักเรียนส่วนใหญ่ตอบว่า หมายเลข 2 และ หมายเลข 3 โดยให้เหตุผลว่าหมายเลข 1 กับ 4 เป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ ส่วนหมายเลข 2 และ 3 ยังมีสารเหลืออยู่ทำให้เกิดปฏิกิริยาผันกลับได้”



ภาพ 5 การขยายแบบจำลองทางความคิดให้กว้างขึ้นโดยการทำนายสถานการณ์ใหม่

บทสรุป

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับกระบวนการโต้แย้ง เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ทำให้นักเรียนมีแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ฝึกการคิดและทำอย่างนักเคมี และเป็นวิธีจัดการเรียนรู้ที่ทำให้วิชาเคมีมีความเป็นรูปธรรม เนื่องจากนักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดด้วยตนเองในการทำความเข้าใจการเปลี่ยนแปลงทั้ง 3 ระดับในเรื่องปฏิกิริยาผันกลับได้ผ่านกระบวนการสร้างแบบจำลอง โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงระดับอนุภาคที่นักเรียนไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า อีกทั้งได้ฝึกสร้างข้อโต้แย้งในการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดให้ไปถึงแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ จากลักษณะและตัวอย่างของการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว ครูผู้สอนวิชาเคมีสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้เคมีในเนื้อหาอื่น ๆ และขอเชิญชวนให้ครูผู้สอนทำวิจัยในชั้นเรียนเพื่อหาคำตอบว่าจะสอนเนื้อหาอื่น ๆ อย่างไรด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับกระบวนการโต้แย้ง องค์ความรู้ที่ได้จากการวิจัยจะทำให้ได้ตัวอย่างการสอนในเนื้อหาอื่น ๆ เพิ่มเติม

บรรณานุกรม

Abd Halim, N. D. , Ali, M. B. , Yahaya, N., & Mohamad Said, M. N. H. (2013). Mental Model in Learning Chemical Bonding: A Preliminary Study. *Procedia - Social and Behavioral Sciences,* 6 November 2013, 224-228.

Buckley, B. C., other. (2004). Model-Based Teaching and Learning with BioLogicaTM: What Do They Learn? How Do They Learn? How Do We Know? *Journal of Science Education and Technology, 13*(1), 23-41.

Davidowitz B & Chittleborough G. (2009). Linking the Macroscopic and Sub-microscopic Levels: Diagrams. In: Gilbert J.K., Treagust D. (Eds.) *Multiple Representations in Chemical Education.* 169-191.

Giere, R.N. (2001). A new framework for teaching scientific reasoning. *Argumentation,* (15), 21–33.

Johnstone, A. H. (1993). The development of Chemistry Teaching: A Changing Response to a Changing Demand. *Journal of Chemical Education, 70*(9), 701-705.

Johnstone. (2000). *Chemical Education Research: Where from here? Proceedings from Variety in Chemistry Teaching meeting,* June 2001.

Mendonca, P. C. C. & Justi, R. S. (2014). The Relationships Between Modelling and Argumentation from the Perspective of the Model of Modelling Diagram. *International Journal of Science Education, 35*(14), 2407-2434.

ชาตรี ฝ่ายคำตา. (2551). แนวคิดทางเลือกของนักเรียนในวิชาเคมี. *วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, 19*(2),10-28.

ชาตรี ฝ่ายคำตา. (2559). ประเด็นและแนวโน้มการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษา. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้.*

ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์, ชาตรี ฝ่ายคำตา และพจนารถ สุวรรณรุจิ. (2558). การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่องโครงสร้างอะตอมและความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารนวัตกรรมการเรียนรู้, 1*(1), 97-124.

เยาวเรศ ใจเย็น, เพ็ญศรี บุญสวรรค์ส่ง และนฤมล ยุตาคม. (2550). แนวคิดเรื่องสมดุลเคมีของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. *วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์, 1*(4), 541-553.

วนิดา สิงห์น้อย • เจ้าหน้าที่อาวุโส สาขาคณิตศาสตร์มัธยมศึกษา สสวท. • e-mail: wsing@ipst.ac.th

E-Office สำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ ผู้ช่วยทำงานในยุค 4.0

ปัจจุบันเทคโนโลยีการสื่อสารก้าวไกลไปมาก ถือเป็นยุคการสื่อสารที่ไร้พรมแดนโดยแท้จริง ไม่ว่าจะอยู่ที่ไหนของโลกก็สามารถติดต่อสื่อสารกันได้เพียงแค่มีคอมพิวเตอร์ โทรศัพท์มือถือหรืออุปกรณ์อื่น ๆ ที่เชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต การเปลี่ยนแปลงนี้ส่งผลกระทบต่อสังคม เศรษฐกิจ การศึกษา และอื่น ๆ อีกมากมาย แม้แต่วิธีการทำงานในสำนักงานก็เช่นเดียวกัน ซึ่งหากไม่ปรับตัวและพัฒนาให้เท่าทันการเปลี่ยนแปลงแล้ว ก็จะส่งผลกระทบต่อองค์กรได้

ในปัจจุบัน องค์กรส่วนใหญ่มีวิธีการทำงานในสำนักงานเปลี่ยนแปลงไปมาก เนื่องจากมีการนำเครื่องมือที่ทันสมัยผนวกกับความก้าวหน้าของเทคโนโลยีสารสนเทศมาช่วยสนับสนุนการทำงาน การสื่อสารในรูปแบบต่าง ๆ มีการพัฒนาให้ก้าวหน้าไปมาก และการส่งผ่านข้อมูลทำให้ลื่นไหลได้สะดวก รวดเร็ว สามารถประมวลผลได้ทันที (Real Time) ช่วยแบ่งเบาภาระงาน ทำให้การทำงานมีความรวดเร็วคล่องตัว และมีประสิทธิภาพมากขึ้น การแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสาร การประมวลผล การจัดเก็บ การค้นหา และการส่งต่อข้อมูลภายในองค์กรหรือส่งออกภายนอกองค์กร สามารถทำได้อย่างรวดเร็วและทันท่วงที และประหยัดเวลามาก เมื่อเทียบกับวิธีการทำงานแบบดั้งเดิมที่ใช้การรับ-ส่งข้อมูลแบบกระดาษ ซึ่งใช้เวลาในการนำส่งสาร และรอการตอบกลับ และหากต้องส่งไปหลายหน่วยงานก็ยังต้องทำสำเนาเพิ่มเติม รอการส่งเอกสารกระดาษกลับมาให้ครบถ้วนเพื่อประมวลผลต่อไป ซึ่งใช้ระยะเวลาในการรับ-ส่งเอกสาร และเสี่ยงต่อการสูญหาย สิ่งเหล่านี้มีผลกระทบต่อการตัดสินใจของผู้ใช้ข้อมูลและผู้บริหารองค์กรที่ในบางเรื่องต้องทำงานแข่งกับเวลา

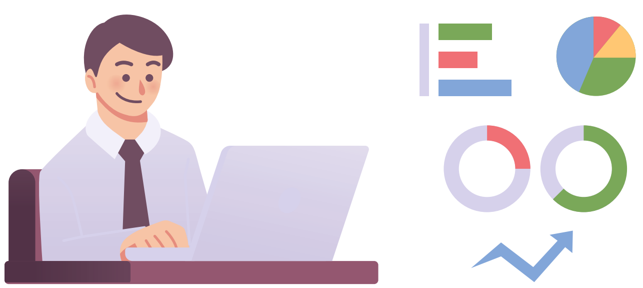
E-Office สำนักงานอิเล็กทรอนิกส์คืออะไร

E-Office หรือสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ ในบางครั้งก็ใช้คำว่า Office Automation หรือสำนักงานอัตโนมัติ คือการนำระบบคอมพิวเตอร์มาใช้ร่วมกับระบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อบริหารจัดการในสำนักงานหรือองค์กร โดยมุ่งเน้นการบริหารจัดการเอกสารเข้า-ออก จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ การจัดเก็บเอกสาร แก้ไขเอกสาร งานเอกสารทางด้านบัญชี และการใช้ประโยชน์อื่น ๆ อีกมากมาย โดยอำนวยความสะดวกในเรื่องการลดขั้นตอน ลดระยะเวลา ลดการใช้ทรัพยากรกระดาษ (paperless) และอำนวยความสะดวกในการบริหารจัดการ การรับ-ส่งข้อมูลข่าวสาร มีการจัดเก็บเอกสารในลักษณะไฟล์ดิจิทัลอย่างเป็นระบบ มีความสะดวกรวดเร็ว และสามารถเข้าถึงและค้นหาข้อมูลได้ง่าย แม้ว่าผู้ปฏิบัติงานจะไม่อยู่ในสำนักงานก็สามารถเข้าถึงข้อมูลได้ นอกจากนี้ ยังช่วยลดพื้นที่จัดเก็บเอกสาร จะเห็นได้ว่าคอมพิวเตอร์และระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตรวมถึงเครื่องมืออุปกรณ์อื่น ๆ ที่จำเป็นมีบทบาทสำคัญในการทำงานในองค์กรต่าง ๆ เป็นอย่างมาก ทุกหน่วยงานจะต้องมีไว้ให้พนักงานใช้เป็นเครื่องมือในการปฏิบัติงาน แม้กระทั่งในหน่วยงานภาครัฐเองก็รณรงค์และสนับสนุนให้มีการนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาปรับใช้ในการปฏิบัติงานที่มีการติดต่อให้บริการกับประชาชน เช่น การใช้ฐานข้อมูลจากบัตรประชาชน (Smart Card) เชื่อมต่อกับข้อมูลของหน่วยงานภาครัฐอื่น ๆ ซึ่งลดภาระการใช้สำเนาบัตรประชาชน (Zero Copy) เพื่ออำนวยความสะดวกในการติดต่อหน่วยงานราชการ ลดขั้นตอนการปฏิบัติงานและเพิ่มความรวดเร็วในการเข้าถึงข้อมูล หรือที่เรียกว่า One Stop Service ติดต่องานหลายอย่างเสร็จสิ้นในที่เดียว หรือแม้กระทั่ง ในปัจจุบันความก้าวหน้าทางเทคโนโลยียังครอบคลุมไปถึงวงการด้านการเงินการธนาคาร ที่ส่งผลกระทบกับพนักงานธนาคารที่ถูกลดบทบาทลงไป เพราะมีแอปพลิเคชันและเครื่องมืออุปกรณ์ที่ทันสมัยสามารถตอบสนองการใช้งานในการเบิก ถอน โอนเงิน หรือธุรกรรมอื่น ๆ เพียงแค่ปลายนิ้ว โดยไม่จำเป็นต้องเดินทางไปติดต่อยังเคาน์เตอร์ธนาคารอีกแล้ว

หลักการทำงานของ E-Office คือ การใช้เอกสารอิเล็กทรอนิกส์แทนการใช้กระดาษ โดยสร้าง >> ส่ง >> และลงนามแบบอิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมด ไม่ต้องพิมพ์กระดาษออกมาแล้วเสนอลงนาม ตามวิธีการทำงานแบบเดิมซึ่งเป็นปัญหาอุปสรรคอย่างมาก ที่สำคัญเป็นการสิ้นเปลืองงบประมาณและทรัพยากรมากมาย เนื่องจากการพิมพ์เอกสารออกมาเป็นกระดาษ 1 แผ่น มีค่าใช้จ่ายหลายอย่าง เช่น หมึก เครื่องพิมพ์ พื้นที่จัดเก็บ ในความทันสมัยและการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีอย่างรวดเร็ว ก็ยังมีข้อดีและข้อเสียในด้านต่าง ๆ ดังนี้

ข้อดี ✓

- ลดเวลาในการติดต่อสื่อสาร ทำให้การส่งต่อข้อมูลข่าวสารเป็นไปด้วยความรวดเร็ว มีประสิทธิภาพ สามารถกระจายข้อมูลไปถึงกลุ่มเป้าหมายโดยการส่งข้อมูลครั้งเดียว
- เพิ่มประสิทธิภาพการปฏิบัติงาน ประมวลผลได้ทันที สามารถตรวจสอบย้อนหลังได้
- ลดค่าใช้จ่ายการดำเนินงานภายในสำนักงาน ใช้หลักการสำนักงานปราศจากเอกสาร (Paperless Office)
- ลดพื้นที่ในการจัดเก็บเอกสาร จัดเก็บข้อมูลในรูปแบบไฟล์ดิจิทัลได้จำนวนมาก ทั้งในรูปแบบไฟล์ภาพ เสียง หรือข้อความ เป็นต้น
- สามารถทำงานหรือจัดการประชุมทางไกล โดยใช้โทรศัพท์ โทรทัศน์ และเครื่องคอมพิวเตอร์ สื่อสารโทรคมนาคมได้โดยไม่จำกัดสถานที่และเวลา ทำให้ประหยัดพลังงานและค่าใช้จ่ายในการเดินทาง
- เป็นการพัฒนาผู้ปฏิบัติงานให้ปรับตัวและเรียนรู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี
- ส่งเสริมให้องค์กรหรือหน่วยงานมีภาพลักษณ์ที่ดีเป็น Smart Office



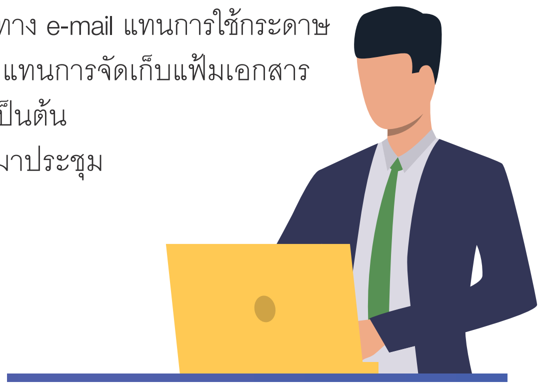
ภาพ 1 ตัวอย่างระบบสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ขององค์กรหนึ่ง

ข้อเสีย ✗

- พนักงานมีความรู้ในระบบเทคโนโลยีสารสนเทศไม่เท่ากัน ต้องให้การอบรมเพิ่มเติม
- ต้องลงทุนเครื่องมืออุปกรณ์ซึ่งมีราคาสูง
- ต้องมีระบบรักษาความปลอดภัยการรั่วไหลของข้อมูล

แนวทางปฏิบัติที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในองค์กรหรือหน่วยงานได้ทันที

- การบริหารจัดการรูปแบบการรับ-ส่งเอกสาร แจ้งเวียนเอกสารทาง e-mail แทนการใช้กระดาษ
- การจัดเก็บข้อมูลในระบบคอมพิวเตอร์เป็นรูปแบบไฟล์ดิจิทัลแทนการจัดเก็บแฟ้มเอกสาร
- การติดต่อสื่อสารผ่านช่องทาง LINE หรือ เพจ Facebook เป็นต้น
- การเลือกใช้ VDO Conference ประชุมทางไกลแทนการเชิญมาประชุม



บทสรุป

ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีในปัจจุบัน ส่งผลกระทบต่อวิถีการทำงานของบุคลากร หน่วยงานหรือองค์กรจึงต้องปฏิรูประบบการทำงาน ส่งเสริมและพัฒนาให้ความรู้กับบุคลากร ในการนำเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้ปฏิบัติงานในสำนักงานทุก ๆ วันอยู่แล้วมาใช้ให้คุ้มค่าและเกิดประโยชน์สูงสุด ระบบสารสนเทศและซอฟต์แวร์ต่าง ๆ จะต้องเอื้อต่อการปฏิบัติงานและมีความเชื่อมโยงกัน รวมถึงมีข้อมูล (Data) ที่เป็นปัจจุบัน โดยผู้บริหารหน่วยงานหรือองค์กรจะต้องมีนโยบายและเล็งเห็นความสำคัญและความจำเป็นของการนำระบบ e-Office มาใช้ จัดให้มีการอบรมให้ความรู้ หรือพนักงานอาจจะเรียนรู้ด้วยตนเองจากการใช้งานในชีวิตประจำวัน (Learning by Doing) ซึ่งจะช่วยให้ประหยัดเวลาและทรัพยากร และอำนวยความสะดวกในการทำงานให้บุคลากร ลดขั้นตอนการทำงานให้น้อยลงแต่ได้ประสิทธิภาพมากขึ้น สนองนโยบายรัฐบาลไทยแลนด์ 4.0 เป็นการกระตุ้นให้หน่วยงานหรือองค์กรและบุคลากรเกิดการพัฒนา คิด ทำสิ่งใหม่ ๆ ที่ส่งผลต่อภาพลักษณ์และเกิดการเปลี่ยนแปลงในทางที่ดีขึ้น

บรรณานุกรม

ระบบสารสนเทศ. สืบค้นเมื่อ 21 สิงหาคม พ.ศ. 2562, จาก https://sites.google.com/site/newteamacc2559/rabb-sarsnthes.

ปฏิวัติการบริหารงานแบบใหม่ด้วยระบบ e-Office. สืบค้นเมื่อ 21 สิงหาคม พ.ศ. 2562, จาก http://www.eofficeservice.com/download/e-Law/ปฏิวัติองค์กรด้วยeOffice.pdf.

รศ.ดร. ธีรศักดิ์ โรจนราธา • ภาควิชาเภสัชเคมี คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร • e-mail: Rojanarata_t@silpakorn.edu

การสร้างใบงานออนไลน์รูปแบบใหม่
เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนในยุคดิจิทัล

ในยุคนี้ปฏิเสธไม่ได้เลยว่า เทคโนโลยีสารสนเทศ อินเทอร์เน็ต และอุปกรณ์ไอที เช่น สมาร์ตโฟน หรือ แท็บเล็ต ได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากในชีวิตประจำวัน และทำให้พฤติกรรมของผู้คนรวมไปถึงผู้เรียนเปลี่ยนแปลงไป เช่น อ่านหรือจดบันทึกบนแท็บเล็ตแทนการพกพาหนังสือหรือเขียนบนกระดาษ ดังนั้นผู้สอนจึงอาจใช้ความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนี้เป็นโอกาสในการปรับรูปแบบของการจัดการเรียนรู้ โดยผสมผสานความรู้เข้ากับเทคโนโลยีอย่างเหมาะสม เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้อย่างสอดคล้องกับวิถีการดำเนินชีวิตในยุคดิจิทัล

ปัจจุบันมีการพัฒนาเอกสารรูปแบบใหม่ ได้แก่ แบบฟอร์มออนไลน์ ซึ่งสามารถกรอกและส่งข้อมูลผ่านสมาร์ตโฟนหรือแท็บเล็ตได้สะดวก จุดเด่นของแบบฟอร์มดังกล่าวคือ สามารถนำเข้าหรือป้อนข้อมูล (Input) ได้หลายรูปแบบ เช่น ข้อความ รูปภาพ เสียง ไฟล์ การทำเครื่องหมาย หรือแม้แต่พิกัด GPS และยังสามารถตอบกลับเพื่อยืนยันให้ผู้ส่งแบบฟอร์มทราบทางอีเมลในทันทีได้อีกด้วย นอกจากนี้ผู้สร้างแบบฟอร์มสามารถติดตามเวลาที่แบบฟอร์มถูกส่งมาได้อย่างถูกต้อง สามารถแชร์แบบฟอร์มให้กับผู้ใช้ผ่านอีเมล สื่อสังคมออนไลน์ หรือ QR code รวมทั้งวิเคราะห์และบันทึกข้อมูลที่ได้รับเป็นไฟล์โดยไม่ต้องจัดเก็บเอกสารที่เป็นกระดาษ ปัจจุบันมีเว็บไซต์หลายแห่งให้บริการสร้างแบบฟอร์มออนไลน์ ทั้งแบบที่มีและไม่มีค่าใช้จ่าย เช่น JotForm, Formdesk, 123FormBuilder และ Wufoo ซึ่งทำให้การสร้างแบบฟอร์มออนไลน์เป็นเรื่องง่าย ทำได้รวดเร็ว และได้ชิ้นงานที่มีความน่าสนใจ โดยทั่วไปแบบฟอร์มดังกล่าวมักถูกนำไปใช้ในทางธุรกิจ เช่น ใช้กรอกประวัติลูกค้า สั่งซื้อสินค้า หรือประเมินความพึงพอใจของการรับบริการ อย่างไรก็ตามการนำแบบฟอร์มออนไลน์ไปใช้ในงานด้านการศึกษา โดยเฉพาะอย่างยิ่งเพื่อจัดกิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้ยังมีจำกัด

ตัวอย่างการสร้างใบงานออนไลน์เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้

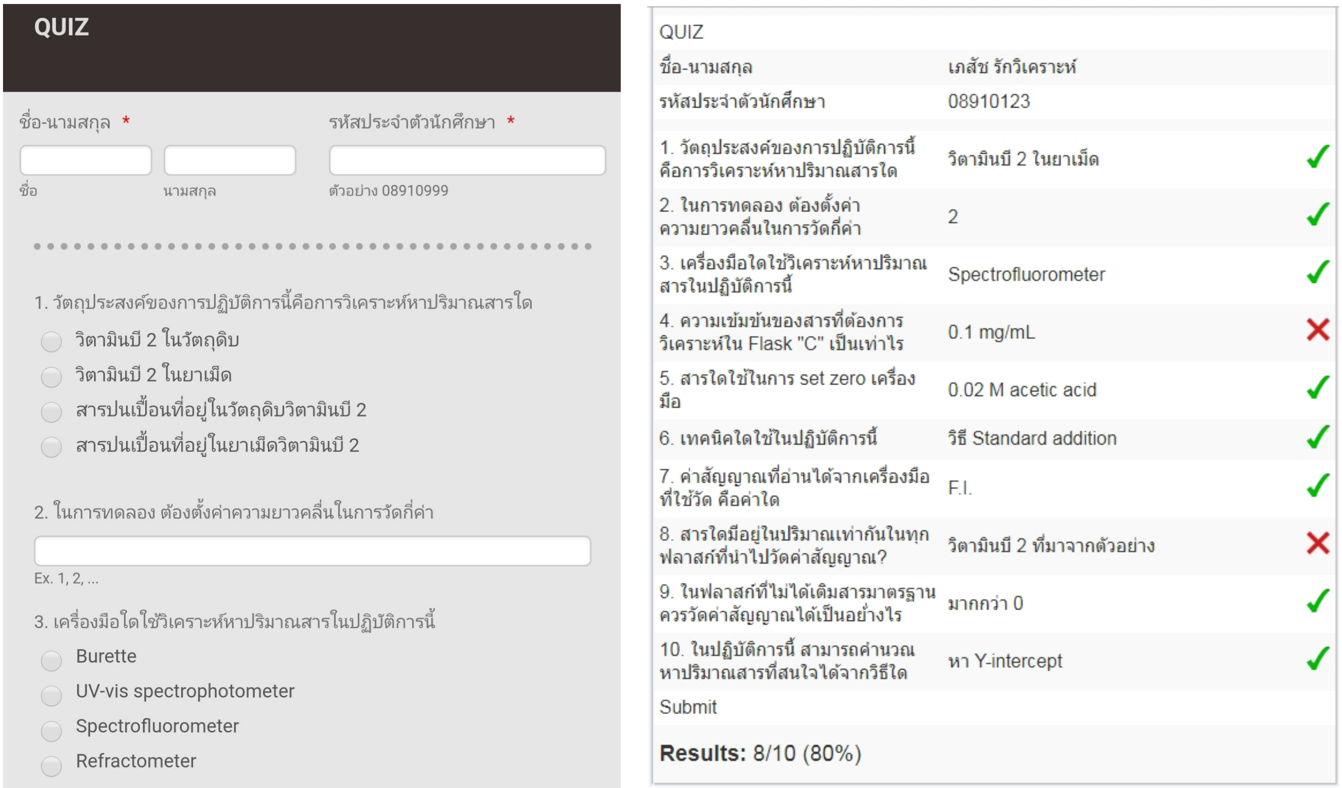
จากเหตุผลที่กล่าวมา ผู้เขียนได้สร้างแบบฟอร์มออนไลน์โดยใช้ JotForm (www.jotform.com) เพื่อใช้เป็นคู่มือปฏิบัติการ แบบทดสอบก่อนเรียน และรายงานปฏิบัติการ ในรายวิชาปฏิบัติการเภสัชวิเคราะห์ 2 สำหรับนักศึกษาเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร เนื่องจากเดิมเอกสารเหล่านี้ถูกจัดทำเป็นกระดาษหรือไฟล์เอกสารธรรมดา ซึ่งนำเสนอและรับข้อมูลในรูปแบบที่จำกัดเพียงข้อความหรือภาพประกอบเท่านั้น โดยผู้เขียนได้ใช้แบบฟอร์มออนไลน์ในรายวิชาดังกล่าว เนื่องจากนักศึกษาได้ฝึกฝนทักษะการเขียนรายงานด้วยตนเองมาเป็นอย่างดีแล้วในรายวิชาปฏิบัติการเภสัชวิเคราะห์ 1 ที่ได้เรียนไปก่อนแล้ว

ในคู่มือปฏิบัติการ ผู้เขียนใช้ข้อความและภาพประกอบเพื่ออธิบายเกี่ยวกับการทดลอง และงานที่มอบหมายให้นักศึกษาเตรียมตัวก่อนเข้าปฏิบัติการ และนำเสนอภาพชุดแสดงขั้นตอนการใช้เครื่องมือวิเคราะห์ที่ใช้ในปฏิบัติการด้วย

ฟังก์ชันเสริมของ JotForm เรียกว่า Image slider เพื่อให้นักศึกษาสามารถเลื่อนหน้าจอและดูภาพทีละภาพ ในเอกสารนี้ยังมีแบบฟอร์มสำหรับส่งงานมอบหมายก่อนเข้าปฏิบัติการ ซึ่งนักศึกษาจะต้องกรอกชื่อ รหัสประจำตัว อีเมล และนำส่งผลคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบด้วยตนเองล่วงหน้าก่อนเรียน พร้อมแนบหรืออัพโหลดไฟล์รูปใบแจ้งผลคะแนนมาด้วย นอกจากนี้ยังมีช่องให้เลือกตอบสำหรับประเมินตนเองว่าได้ศึกษาคู่มือปฏิบัติการและทำแบบทดสอบด้วยตนเองแล้ว โดยหลังจากนักศึกษากดส่งแบบฟอร์ม นักศึกษาจะได้รับข้อความยืนยันว่าอาจารย์ได้รับข้อมูลแล้วทางอีเมลตามที่ได้กรอกข้อมูลไว้

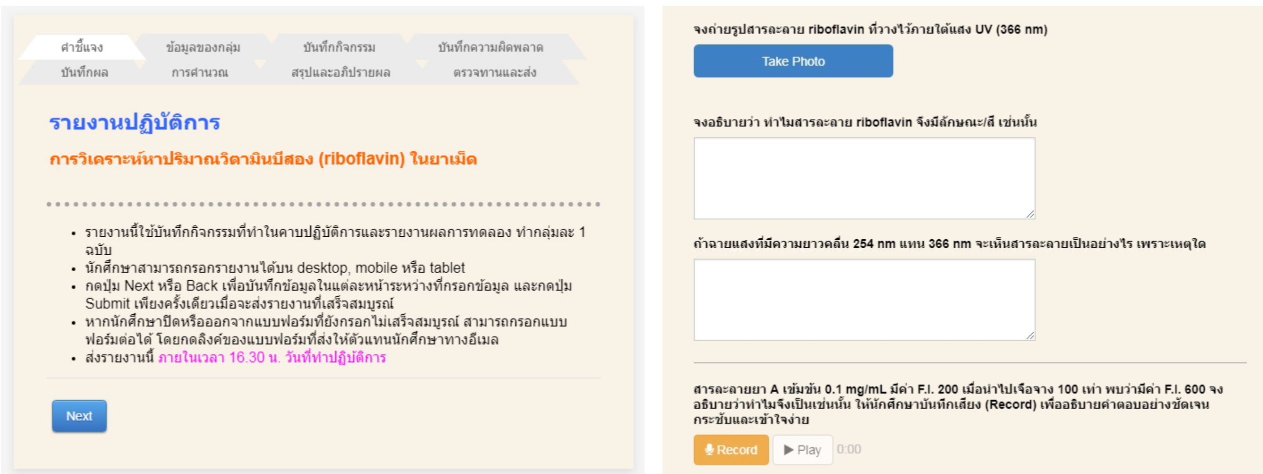
ภาพ 1 คู่มือปฏิบัติการออนไลน์และการนำเสนอภาพขั้นตอนของการทดลองด้วยฟังก์ชันเสริม Image slider

ในแบบทดสอบก่อนเรียน ซึ่งสร้างโดยใช้เครื่องมือสร้างแบบทดสอบของ JotForm (quizform.jotform.io) ประกอบด้วยคำถามแบบปรนัยและเติมคำตอบจำนวน 10 ข้อ เมื่อนักศึกษาตอบคำถามและกดส่งคำตอบแล้ว ระบบจะตรวจคำตอบและรายงานผลคะแนน พร้อมแสดงข้อที่นักศึกษาตอบถูกหรือผิดให้ทราบทันที



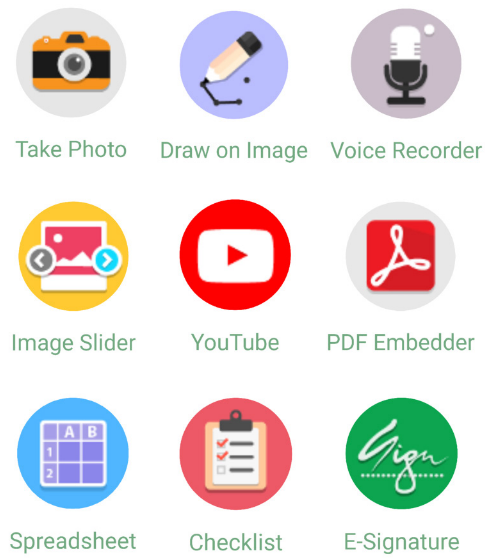
ภาพ 2 แบบทดสอบก่อนเรียน (ซ้าย) ซึ่งระบบสามารถตรวจคำตอบและรายงานผลคะแนนได้ทันที (ขวา)

สำหรับแบบฟอร์มรายงานผลปฏิบัติการ ถูกออกแบบให้แบ่งเป็นส่วนต่าง ๆ เช่น ส่วนที่ใช้กรอกรายชื่อและหน้าที่ของสมาชิกในกลุ่ม ตารางบันทึกผล แบบบันทึกกิจกรรม และส่วนแสดงการคำนวณและสร้างกราฟจากผลการทดลอง เพื่อให้สอดคล้องกับกิจกรรมที่จัดขึ้นอย่างหลากหลายในปฏิบัติการ ทั้งการทดลองและสรุปผล การวิเคราะห์ความผิดพลาดที่เกิดขึ้น การสังเกตชุดสาธิตซึ่งจัดแสดงไว้ และการอภิปรายโจทย์ปัญหาหรือกรณีศึกษา นักศึกษาสามารถอ่านคำชี้แจงการทำกิจกรรมเหล่านี้ได้จากใบงานที่อยู่ในแบบฟอร์ม และสามารถตอบกลับหรือส่งงานผ่านทางแบบฟอร์มฉบับเดียวกันนี้ได้ อนึ่ง เนื่องจากปฏิบัติการนี้เป็นการทำงานกลุ่ม แบบฟอร์มรายงานจึงถูกส่งไปยังอีเมลของตัวแทนกลุ่ม จากนั้นตัวแทนกลุ่มสามารถแชร์ลิงก์ของแบบฟอร์มไปยังสมาชิกคนอื่น ๆ ในกลุ่มผ่านทางอีเมลหรือไลน์ เพื่อให้ทุกคนช่วยกันกรอกแบบฟอร์มในชื่อบัญชีผู้ใช้เดียวกันได้



ภาพ 3 ตัวอย่างรายงานปฏิบัติการซึ่งถูกออกแบบให้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบฟอร์มออนไลน์

ด้วยความสามารถในการนำเสนอและนำเข้าข้อมูลได้หลายรูปแบบดังที่กล่าวมา แบบฟอร์มออนไลน์จึงตอบโจทย์และส่งเสริมให้นักศึกษาสามารถทำกิจกรรมการเรียนรู้ได้หลากหลาย เช่น อาจารย์สามารถแทรกหรือฝัง (embed) ไฟล์ PDF หรือ วีดิทัศน์จาก Youtube ไว้ในแบบฟอร์ม เพื่อให้นักศึกษาดูเนื้อหาได้โดยไม่ต้องออกจากแบบฟอร์มเพื่อไปยังลิงก์ภายนอก และสามารถตั้งโจทย์คำถามได้หลายแบบ เช่น แบบเลือกตอบ แบบเติมข้อความสั้น ๆ หรือเขียนอธิบาย ส่วนนักศึกษาก็สามารถกรอกและส่งข้อมูลได้หลายประเภท ไม่ว่าจะเป็นการพิมพ์ข้อความลงในช่องว่างหรือตาราง เขียนหรือวาดทับลงบนภาพ เซ็นชื่อ ถ่ายรูปและแนบไฟล์ หรือบันทึกเสียงเพื่ออธิบายคำตอบ เมื่อนักศึกษากรอกข้อมูลครบถ้วนและกดส่งแบบฟอร์ม นักศึกษาจะได้รับอีเมลแจ้งยืนยันพร้อมกับไฟล์ PDF ซึ่งเป็นสำเนารายงานผลปฏิบัติการแนบไปกับอีเมล เพื่อให้นักศึกษาสามารถบันทึกไฟล์ (Save) ไว้อ่านหรือทบทวนในภายหลัง



ภาพ 4 ผู้ใช้สามารถป้อนข้อมูลได้หลายรูปแบบในแบบฟอร์มออนไลน์ที่สร้างขึ้น

ภาพ 5 บรรยากาศของการจัดการเรียนรู้ในวิชาปฏิบัติการโดยใช้แบบฟอร์มออนไลน์

ผลการนำแบบฟอร์มออนไลน์ไปใช้งาน

หลังจากที่ได้สร้างแบบฟอร์มและแชร์ลิงก์ให้กับนักศึกษา โดยประกาศไว้ใน Google Classroom และจัดทำ QR Code ติดไว้ในห้องปฏิบัติการแล้ว พบว่านักศึกษาแต่ละคนเข้าไปอ่านคู่มือปฏิบัติการ ทำแบบทดสอบก่อนเรียน กรอกและส่งข้อมูลผ่านแบบฟอร์มด้วยสมาร์ตโฟนหรือแท็บเล็ตได้อย่างถูกต้องและสะดวก นอกจากนี้ขณะที่ทำปฏิบัติการ นักศึกษายังช่วยกันทำกิจกรรมต่าง ๆ และกรอกข้อมูลเพื่อส่งงานตามคำสั่งในใบงานอย่างกระตือรือร้นและสนุกสนาน ซึ่งเป็นบรรยากาศที่ดีของการเรียนรู้ร่วมกัน (Collaborative Learning) นอกจากนี้การตอบกลับด้วยเสียงซึ่งไม่สามารถทำได้โดยใช้รายงานที่เป็นกระดาษ ยังสร้างความแปลกใหม่และฝึกให้นักศึกษามีความมั่นใจในการสื่อสารและนำเสนองานด้วยวาจาอีกด้วย

ในส่วนของอาจารย์ การใช้แบบฟอร์มออนไลน์ช่วยให้การตรวจสอบการทำกิจกรรมและการส่งงานของนักศึกษาทำได้ง่ายและถูกต้อง เนื่องจากระบบจะบันทึกเวลาที่ส่งแบบฟอร์มไว้โดยอัตโนมัติ รวมทั้งอาจารย์ยังสามารถบันทึกแบบฟอร์มเป็นไฟล์ PDF เพื่อนำไปตรวจในภายหลังได้ ซึ่งหากผู้สอนมีแท็บเล็ตซึ่งสามารถเขียนได้ ก็จะยิ่งเพิ่มความสะดวกในการตรวจและใส่คำอธิบายหรือข้อเสนอแนะเพิ่มเติมลงไป

ในไฟล์และส่งกลับไปให้นักศึกษา นอกจากนี้ระบบแบบฟอร์มออนไลน์สามารถใช้วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบฟอร์มที่ส่งมาทั้งหมด แล้วจัดทำเป็นรายงานสรุป เช่น นำเสนอจำนวนผู้ตอบคำถามแต่ละข้อ แยกเป็นแต่ละตัวเลือกได้ด้วยแผนภูมิ ข้อมูลเหล่านี้ช่วยให้อาจารย์ทราบถึงระดับความเข้าใจของนักศึกษาทั้งชั้นเรียนในภาพรวมอีกด้วย ผลการสำรวจความคิดเห็นจากนักศึกษาเกี่ยวกับการนำแบบฟอร์มออนไลน์มาใช้ในปฏิบัติการพบว่า นักศึกษาส่วนใหญ่ชอบกิจกรรมนี้ในระดับมากถึงมากที่สุด (ดังตาราง 1) โดยให้เหตุผลประกอบว่า สะดวก ทำให้สามารถเตรียมตัวก่อนเข้าปฏิบัติการได้ทุกที่ทุกเวลา ส่วนกิจกรรมต่าง ๆ ในชั่วโมงปฏิบัติการก็มีความทันสมัย ท้าทาย แปลกใหม่ และสนุกสนาน พร้อมทั้งเสนอแนะให้มีการจัดกิจกรรมเช่นนี้ในหัวข้อหรือรายวิชาอื่น ๆ อีกด้วย

ตาราง 1 ความคิดเห็นจากนักศึกษาเกี่ยวกับการใช้แบบฟอร์มออนไลน์ในปฏิบัติการ* (จำนวนผู้ตอบ 101 คน จากนักศึกษาทั้งหมด 159 คน คิดเป็นร้อยละ 64)

ประเด็นที่สอบถาม	คะแนนเฉลี่ย (จาก 5)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
นักศึกษาพอใจกับการอ่านคู่มือปฏิบัติการและทำ quiz แบบออนไลน์ก่อนทำปฏิบัติการ	4.56	0.57
กิจกรรมต่าง ๆ ที่ทำในชั่วโมงปฏิบัติการ มีความน่าสนใจ และสนุกสนาน	4.45	0.69
นักศึกษาพอใจกับการตอบแบบฟอร์มในรูปแบบที่หลากหลาย เช่น ใช้รูปภาพ/เสียง เขียนอธิบาย	4.35	0.84
กิจกรรมที่ทำในชั่วโมงปฏิบัติการ ช่วยทำให้นักศึกษาเข้าใจบทเรียนดีขึ้น	4.44	0.65
นักศึกษามีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมและทำรายงานปฏิบัติการออนไลน์ในกลุ่ม	4.37	0.82
โดยสรุป นักศึกษาพอใจกับการนำแบบฟอร์มออนไลน์มาใช้ในการเรียน	4.49	0.70

* แบบสอบถามชนิด Likert scale; 5 (เห็นด้วยอย่างยิ่ง) 4 (เห็นด้วย) 3 (ปานกลาง) 2 (ไม่เห็นด้วย) 1 (ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง)

บทสรุปและข้อเสนอแนะผู้ใช้แบบฟอร์มออนไลน์

การใช้แบบฟอร์มออนไลน์ ผู้ใช้สามารถนำเสนอ นำเข้า และส่งข้อมูลได้หลายรูปแบบ ร่วมกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้อย่างเหมาะสม ช่วยดึงดูดความสนใจและส่งเสริมการมีส่วนร่วมของผู้เรียนได้ โดยผู้สอนอาจใช้เป็นใบงานหรือรายงานสำหรับผู้เรียนเป็นรายบุคคลหรือการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม นอกจากนี้แบบฟอร์มออนไลน์ยังช่วยให้ผู้สอนติดตาม ตรวจงานได้สะดวก และประเมินผู้เรียนได้ในหลายมิติอีกด้วย แม้ว่าตัวอย่างการใช้แบบฟอร์มออนไลน์ที่นำเสนอในบทความนี้ มาจากการจัดการเรียนรู้ให้กับนักศึกษาในระดับอุดมศึกษา แต่ผู้เขียนเชื่อว่า แนวความคิดเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้แบบฟอร์มออนไลน์เป็นใบงานเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนในยุคดิจิทัลในรูปแบบนี้ น่าจะเป็นประโยชน์และสามารถนำไปปรับใช้สำหรับการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนได้ตามความเหมาะสม หากครูท่านใดสนใจศึกษาตัวอย่างของรายงานปฏิบัติการซึ่งสร้างด้วยแบบฟอร์มออนไลน์ตามบทความนี้ สามารถสแกน QR code เพื่อรับแบบฟอร์มดังกล่าวได้

SCAN ME

บรรณานุกรม

JotForm. สืบค้นเมื่อ 1 สิงหาคม 2562, จาก https://www.jotform.com/.

Cao, Hong. (2014). A Tablet Based Learning Environment. สืบค้นเมื่อ 1 สิงหาคม 2562, จาก https://www.researchgate.net/publication/261066108_A_Tablet_Based_Learning_ Environment.

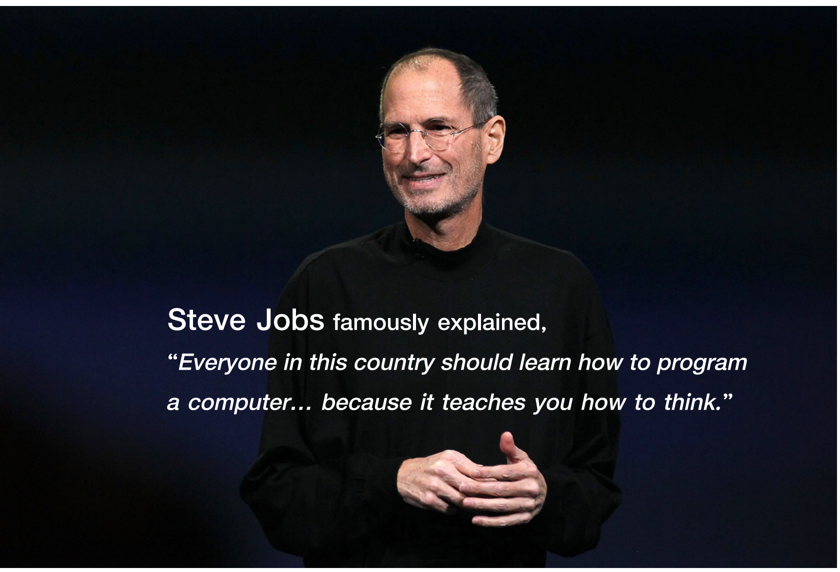
ดร.จีระพร สังขเวทัย • ผู้ชำนาญ สาขาเทคโนโลยี สสวท. • e-mail: csant@ipst.ac.th

Coding
กับการศึกษาในศตวรรษที่ 21

ปัจจุบันเรากำลังจะก้าวเข้าสู่การปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ 4 ที่มีการเปลี่ยนแปลงมากกว่า และรุนแรงกว่าครั้งที่ผ่านๆ มา เทคโนโลยีเกิดใหม่จะขับเคลื่อนการเปลี่ยนแปลงครั้งนี้ เช่น ปัญญาประดิษฐ์ เทคโนโลยีการแพทย์ หุ่นยนต์ ควอนตัมคอมพิวติ้ง บิ๊กดาต้า บล็อกเชน เทคโนโลยีเกิดใหม่เหล่านี้ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางอุตสาหกรรม (Disrupting Industries) ซึ่งจะทำให้เปลี่ยนรูปแบบการทำงาน และวิถีชีวิตของมนุษย์ในศตวรรษนี้อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ นอกจากองค์กรภาคธุรกิจต้องแข่งขันกันด้านบริการและผลิตภัณฑ์แล้ว ยังต้องเปลี่ยนรูปแบบของการผลิตให้เป็นระบบอัตโนมัติมากยิ่งขึ้น การทำงานในอนาคตจึงต้องการทักษะของแรงงานที่สูงขึ้น โดยต้องมีความสามารถในการทำงานที่ซับซ้อน สามารถเลือกใช้ความรู้จากข้อมูลที่มีอยู่ และประยุกต์ใช้ความรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพทั้งด้านวิชาชีพ และการใช้ชีวิต

การมีสมรรถนะทางดิจิทัล (Digital Competence) จึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้ประชาชนไทยมีทักษะ และมีความเข้าใจเพื่อเข้าสู่การปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งนี้ โดยสมรรถนะทางดิจิทัลนี้จะรวมไปถึงการจัดการข้อมูล การทำงานร่วมกัน การสื่อสารและแลกเปลี่ยนข้อมูล การสร้างสรรค์ การแก้ปัญหา การมีจริยธรรมและความรับผิดชอบ ตลอดจนทักษะด้านโค้ดดิ้ง (Coding Literacy) ซึ่งเป็นทักษะที่ทำให้เรามีความเข้าใจเรื่องโค้ดและการเขียนโค้ด ซึ่งเป็นภาษาที่ใช้สื่อสารระหว่างมนุษย์กับคอมพิวเตอร์ โค้ดดิ้งยังช่วยให้มนุษย์สื่อสารวิธีการแก้ปัญหาออกมาอย่างมีตรรกะมีโครงสร้างและเป็นระบบ ซึ่งเมื่อหันมามองทางด้านการศึกษาเด็กในทุกวันนี้เติบโตมาในยุคที่มีการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีอย่างรวดเร็ว จึงเป็นความท้าทายสำหรับครูและบุคลากรทางการศึกษาที่จะช่วยชี้แนะ หรือมีส่วนร่วมในการวางแผนอนาคตของเด็กให้สามารถปรับตัวได้ในสภาพแวดล้อมที่มีความเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา

ก่อนหน้านี้คนอาจมองว่าการเรียนรู้ด้านโค้ดดิ้งเหมาะสำหรับคนที่ชื่นชอบเทคโนโลยี และใช้เวลาอยู่กับคอมพิวเตอร์ แต่ในโลกปัจจุบันเมื่อเด็ก Gen Y (ยุคมิลลิเนียม) และ Gen Z (ยุคดิจิทัลเนทีฟ) ได้ใช้เวลาและอยู่ในสภาพแวดล้อมที่อุปกรณ์ต่าง ๆ ถูกควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ ควรต้องได้รับความรู้ความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับโค้ดดิ้ง เพื่อให้รู้ว่าโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทำงานอย่างไร และเขาสามารถพัฒนาทักษะด้านโค้ดดิ้งได้ เพื่อพัฒนาซอฟต์แวร์หรือแอปพลิเคชันของตนเอง การเป็นเพียงผู้ใช้ซอฟต์แวร์อาจไม่เพียงพอสำหรับนักเรียนในยุคนี้ การให้โอกาสนักเรียนได้เรียนรู้ด้านการเขียนโปรแกรมไม่เพียงแต่เพิ่มทางเลือกให้พวกเขาในการประกอบอาชีพต่อไปในอนาคต แต่ยังสอนพวกเขาให้รู้จักวิธีคิดเหมือนที่กับที่สตีฟ จ็อบได้กล่าวไว้



ที่มา https://time.com/3604784/steve-jobs-movie-universal/

ช่วงเวลา 4-5 ปีมานี้ หลาย ๆ ประเทศทั่วโลกได้ตระหนักถึงความสำคัญในการสอนโค้ดดิ้ง และกำหนดให้การสอนโค้ดดิ้งเป็นวิชาบังคับในระดับประถมศึกษา โดยประเทศอังกฤษเริ่มในปี พ.ศ. 2557 ส่วนฟินแลนด์และเกาหลีใต้เริ่มในปีเดียวกันกับประเทศไทยคือในปี พ.ศ. 2561 สำหรับประเทศไทยการเรียนโค้ดดิ้งจะอยู่ในวิชาเทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ) โดยประกอบด้วยองค์ความรู้ 3 ด้าน คือ วิทยาการคอมพิวเตอร์ เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร และทักษะการรู้ดิจิทัล โดยองค์ความรู้ด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ จะมีเนื้อหาเกี่ยวกับการแก้ปัญหา การเขียนโปรแกรมหรือโค้ดดิ้ง และทักษะการคิดเชิงคำนวณ หรือ Computational Thinking ซึ่งเป็นทักษะการแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับแนวทางการแก้ปัญหาด้วยการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยทักษะนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันได้ ไม่เฉพาะแต่ในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เท่านั้น ตัวอย่างเช่น การจับประเด็นหรือสาระสำคัญของปัญหา การแบ่งงานออกเป็นงานย่อย ๆ การเรียงลำดับขั้นตอนการทำงาน เหล่านี้ล้วนเป็นกระบวนการเดียวกับการที่โปรแกรมเมอร์วิเคราะห์ปัญหา แยกส่วนประกอบย่อยของปัญหา และเขียนลำดับของโปรแกรมออกมา

ดังนั้น เพื่อตอบรับกับการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยี และพฤติกรรมการใช้งานของเยาวชนยุคนี้ จึงต้องมีการพัฒนาหลักสูตรและการเรียนการสอนให้ทันต่อยุคสมัย สถานศึกษาต้องจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับประสบการณ์ในการเรียนรู้ของผู้เรียนแต่ละกลุ่มให้นักเรียนสามารถเข้าถึงเนื้อหาหรือบทเรียนได้ทุกที่ทุกเวลา โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การสอนโค้ดดิ้งในโรงเรียนจะเป็นการเปิดโลกใบใหม่ผ่านเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่มีอยู่ การสอนโค้ดดิ้งนอกจากจะเป็นการจุดประกายให้นักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับสาขาอาชีพในอนาคต ยังเป็นการสร้างทักษะในการวางแผน การแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ส่งเสริมการใช้ตรรกะในการแก้ปัญหา สร้างคนให้เกิดกระบวนการคิดและทันต่อการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี ซึ่งเป็นทักษะที่สำคัญสำหรับการเตรียมพลเมืองในยุคเศรษฐกิจดิจิทัลที่กำลังมาถึง

รศ.ดร.ศศิเทพ ปิติพรเทพิน • ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
นฤมล ศราธพันธุ์ • ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.วชิร ศรีคุ้ม • นักวิชาการ สาขาวิทยาศาสตร์ภาคบังคับ สสวท. • e-mail: wsrik@ipst.ac.th

สะเต็มศึกษากับการพัฒนาอาหารไทยในยุคเศรษฐกิจสร้างสรรค์

สะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นการบูรณาการความรู้ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติของการเรียนรู้ เนื้อหา และแนวปฏิบัติของแต่ละสาขาวิชา มาผสมผสานกันในการแก้ปัญหาและสร้างสรรค์นวัตกรรม ทำให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 อยู่บนพื้นฐานความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ นอกจากนี้ ผู้เรียนยังได้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ การสื่อสาร ภาวะความเป็นผู้นำ และการทำงานร่วมกันกับคนอื่น และหากมีการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง ผู้เรียนก็จะสามารถประยุกต์ทักษะ และความรู้ดังกล่าวไปใช้ในชีวิตประจำวัน เพื่อพัฒนาตนเอง สังคม ประเทศชาติ รวมทั้งพัฒนาความเป็นสากลมนุษย์ต่อไป (วศิณีส์ อิศรเสนา ณ อยุธยา, 2559; สนธิ พลชัยยา, 2557; พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556)

ในปัจจุบันโลกของเรามีการแข่งขันในด้านต่าง ๆ อย่างมากมาย การยกระดับคุณภาพชีวิตของคนในประเทศจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องแสวงหาหนทางที่แปลกใหม่ ตัวอย่างเช่น เศรษฐกิจสร้างสรรค์และเศรษฐกิจที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Creative and Green Economy) ซึ่งเป็นการสร้างมูลค่าให้กับสินค้าและบริการที่เกิดจากความคิดของมนุษย์ (Hawkins, 2001) แนวทางการพัฒนาเศรษฐกิจสร้างสรรค์มีความสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจ คือ เราสามารถใช้เป็นพลังขับเคลื่อนเศรษฐกิจในยุคใหม่ที่เน้นการพัฒนาด้วยการเจริญเติบโตแบบสมดุลและยั่งยืนบนพื้นฐานความได้เปรียบที่แท้จริงของบริบทในประเทศ เพื่อยกระดับโครงสร้างเศรษฐกิจของประเทศไทยจากการพึ่งพิงปัจจัยการผลิตที่มีราคาถูกและใช้ทรัพยากรอย่างสิ้นเปลืองไปสู่โครงสร้างเศรษฐกิจที่อยู่ในระดับที่สูงขึ้น เป็นระบบเศรษฐกิจที่เน้นการเพิ่มประสิทธิภาพและสร้างนวัตกรรมบนพื้นฐานของความหลากหลายทางชีวภาพวัฒนธรรม ภูมิปัญญาท้องถิ่น ผสมผสานกับการประยุกต์ใช้องค์ความรู้ ที่จะสามารถทำให้ประเทศมุ่งสู่การเป็นเศรษฐกิจสร้างสรรค์ (พริ้ม ศรีหานาม, 2553; สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจ และสังคมแห่งชาติ, 2552)

หนึ่งในบริบทที่เป็นจุดเด่นของประเทศไทยที่ได้รับการยอมรับกันมาอย่างแพร่หลายและยาวนานก็คือ อาหารไทย ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มธุรกิจเศรษฐกิจสร้างสรรค์ใน “กลุ่มมรดกทางวัฒนธรรม” และเพื่อเป็นการสร้างเอกลักษณ์และความน่าสนใจ การพัฒนาอาหารไทยยุคเศรษฐกิจสร้างสรรค์จึงควรต้องมีการนำวัฒนธรรม ภูมิปัญญาไทย ผสมผสานกับเทคโนโลยีหรือนวัตกรรมในด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อม ผ่านกระบวนการคิดและออกแบบอย่างสร้างสรรค์ สามารถนำไปสู่การผลิตหรือแนวทางในการนำเสนออาหารไทยที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจและสังคม ซึ่งการที่จะทำให้ประเทศแข่งขันได้ในเวทีโลก เราจำเป็นต้องมีการเตรียมบุคคลากรที่สนใจในการประกอบอาหารไทยที่สามารถสร้างสรรค์นวัตกรรมด้านอาหารไทยให้เพิ่มมากขึ้น และควรส่งเสริมและพัฒนาในหลายมิติ ทั้งในด้านการผลิต บรรจุภัณฑ์ และการบริการ ทั้งนี้ เพื่อให้สอดคล้องกับแนวทางดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

คณะผู้เขียนจึงได้พัฒนาแนวทางการจัดการเรียนการสอนของนิสิตในระดับอุดมศึกษา โดยใช้สะเต็มศึกษาเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ที่สามารถส่งเสริมการสร้างสรรค์นวัตกรรมให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนผ่านกระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์สำหรับการจัดการเรียนรู้ทางคหกรรมศาสตร์ (Wesley, 2015) โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นระบุปัญหา (Identify Problem)

เริ่มต้นบทเรียนโดยให้ผู้เรียนพิจารณาสถานการณ์ในการสร้างสรรค์เมนูอาหาร โจทย์ที่ได้รับคือ “ฉันจะพัฒนาตำรับอาหารไทยเชิงสร้างสรรค์ได้อย่างไร” ที่มีเรื่องราวที่เกี่ยวข้องกับมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์และเป็นเมนูสุขภาพ ด้วยกิจกรรม “KU DISH” เพื่อสร้างสรรค์ตำรับอาหารไทยที่มีความเป็นเอกลักษณ์ และแฝงด้วยภูมิปัญญาอาหารไทย โดยจากนั้นผู้เรียนสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เช่น ประวัติ พืชผักที่เป็นงานวิจัยของมหาวิทยาลัยเพื่อนำข้อมูลมาสร้างสรรค์ตำรับอาหาร

2. ขั้นระดมสมอง (Brainstorm)

ผู้เรียนแต่ละกลุ่มแลกเปลี่ยนแนวคิด ความรู้ และประสบการณ์เดิมที่เกี่ยวกับการสร้างสรรค์เมนูอาหารสุขภาพ โดยผู้สอนอาจชี้แนะให้อ้างอิงตำรับอาหารไทยที่มีชื่อเสียงซึ่งเป็นที่ยอมรับอยู่แล้ว เช่น อาหารประเภทแกง ยำ หรืออาหารว่าง โดยกระตุ้นให้ผู้เรียนพิจารณาข้อมูลเชิงลึกของแต่ละตำรับอาหาร วิธีการประกอบอาหาร ประโยชน์ของส่วนผสมในด้านสุขภาพและด้านอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

3. ขั้นออกแบบ (Design)

ผู้เรียนนำข้อมูลที่สืบค้นได้มาออกแบบสร้างสรรค์เมนูอาหารไทยที่ได้จากการระดมสมอง ประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง โดยผู้สอนให้คำแนะนำ ส่งเสริม และให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแนวคิดในการพัฒนาที่สอดคล้องกับโจทย์ที่ได้รับ เช่น ประเด็นอาหารเพื่อสุขภาพ การสะท้อนภูมิปัญญาอาหารไทย เอกลักษณ์ของเมนูที่สร้างสรรค์ ในที่นี่ขอยกตัวอย่างผลงานของผู้เรียนที่น่าสนใจ ได้แก่ เมนูข้าวยำไรซ์เบอรีราดซอสเขียวหวานแก่นตะวัน

ภาพ 1 ตัวอย่างการวิเคราะห์ส่วนผสม

ผู้เรียนได้มีการวิเคราะห์ส่วนผสมดังนี้ 1) แกงเขียวหวาน มีสีเขียวที่เป็นสีประจำมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2) ข้าวยำ เป็นอาหารที่อุดมไปด้วยสมุนไพรที่สะท้อนภูมิปัญญาของอาหารไทยที่มีการนำสมุนไพรมาประกอบอาหาร เช่น ใบมะกรูด ตะไคร้ พริก 3) ข้าวไรซ์เบอรี เป็นผลงานวิจัยของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มีคุณค่าทางอาหารสูง โดยเฉพาะมีสารแกมมาโอไรซานอล ที่ช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ในหลอดเลือด และ 4) แก่นตะวัน มีคุณสมบัติช่วยเจริญอาหาร กระตุ้นการหลั่งของน้ำดี ขับปัสสาวะ ลดความเสี่ยงของการเป็นโรคเบาหวาน ลดไขมันในเลือด ลดความเสี่ยงเป็นโรคความดันโลหิตสูง โรคหลอดเลือด และโรคหัวใจ สร้างภูมิคุ้มกันโรค นอกจากนี้ยังมีอินนูลินซึ่งเป็นใยอาหารที่ไม่ถูกย่อยในกระเพาะและลำไส้เล็ก จึงอยู่ในระบบทางเดินอาหารได้เป็นเวลานาน ลดความรู้สึกหิว หรือทำให้กินอาหารได้น้อยลง จึงสามารถช่วยลดน้ำหนัก

4. ขั้นสร้าง ทดสอบ ปรับปรุงแก้ไข และประเมินผล (Build, Test, Redesign, and Evaluate)

ผู้เรียนประกอบอาหารตามตำรับที่สร้างสรรค์ขึ้น ทดสอบด้วยการชิมรสชาติ ผิวสัมผัสอาหาร และนำเสนอผลงาน พร้อมทั้งวิเคราะห์จุดเด่น จุดด้อย และข้อที่ควรปรับปรุง และมีการปรับปรุงตำรับในครั้งต่อไป

ทั้งนี้ขอยกตัวอย่างรายละเอียดผลงานข้าวยำไรซ์เบอร์รีราดซอสเขียวหวานแก่นตะวัน ในการพัฒนาครั้งแรก ซอสเขียวหวานมีรสชาติจืดและขนาดเสิร์ฟที่ใหญ่เกินไป ไม่สะดวกต่อการรับประทาน ผู้เรียนจึงนำผลการประเมินมาปรับปรุงในครั้งที่ 2 ทำให้ได้เมนูสร้างสรรค์ใหม่ โดยดัดแปลงการเสิร์ฟเป็น "ซูชิข้าวยำไรซ์เบอร์รีราดซอสเขียวหวานแก่นตะวัน" และได้มีการประเมินผลอีกครั้ง เพื่อพัฒนาให้ได้ตำรับที่ได้มาตรฐานต่อไป

ภาพ 2 การนำเสนอซูชิข้าวยำไรซ์เบอรรีราดซอสเขียวหวาน

5. ขั้นแลกเปลี่ยนประสบการณ์ (Share Solution)

ผู้เรียนนำเสนอขั้นตอนในการสร้างสรรค์ตำรับ และสะท้อนหลักการทางวิทยาศาสตร์ เช่น การป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในผักหลังจากการปอกด้วยการแช่ในน้ำที่ผสมน้ำมะนาว การผัดเครื่องแกงในกะทิทำให้มีกลิ่นหอม การนำเทคโนโลยีมาใช้ในการประกอบอาหาร การนำคณิตศาสตร์มาใช้ในการคำนวณปริมาณแคลอรี่ในเมนูที่สร้างสรรค์

ภาพ 3 การนำเสนอชิ้นงานของผู้เรียนในเวทีการประชุมวิชาการ

จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาทำให้ผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ในการพัฒนาตำรับอาหารใหม่ ๆ ขึ้นมาได้ อีกทั้งตอบโจทย์ความต้องการการรับประทานอาหารไทยในยุคปัจจุบัน แต่เหนือสิ่งอื่นใดผู้เรียนต่างสะท้อนว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าวทำให้ได้ฝึกความคิดสร้างสรรค์ การคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา การทำงานร่วมกัน การสืบค้นข้อมูล ซึ่งเป็นทักษะที่สำคัญในศตวรรษที่ 21 รวมทั้ง ทักษะการจัดการทรัพยากร ได้แก่ เวลา แรงงาน งบประมาณ และการทำงานอย่างเป็นระบบ ซึ่งการจัดการทรัพยากรนี้เป็นเป้าหมายหลักของการจัดการศึกษาทางคหกรรมศาสตร์ ผู้เขียนเชื่อว่าทักษะต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียนจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษานี้ จะเป็นแนวทางหนึ่งในการเตรียมนักคหกรรมศาสตร์ให้เป็นผู้ที่สามารถพัฒนาอาหารไทยในยุคเศรษฐกิจสร้างสรรค์ได้

บรรณานุกรม

Howkins, J. (2001). *The Creative Economy: How People Get Money from Ideas*. London: Penguin Book Ltd.

Wesley, W. (2015). *Reinforcing STEM Education through the Home Economics curriculum.* Retrieved October 24, 2019, from www1.heart-nta.org.

พริ้ม สีหานาม. (2553). โอกาสและความท้าทายของ Creative Economy. *Engineer Today. 8*(88), 28 - 30.

พรทิพย์ ศิริภัทราชัย. (2556). STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. *นักบริหาร. 33*(2), 50 - 56.

วศิณีส์ อิศรเสนา ณ อยุทธยา. (2559). *เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับ STEM education (สะเต็มศึกษา)*. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สนธิ พลชัยยา. (2557). *สะเต็มศึกษากับการคิดขั้นสูง. นิตยสาร สสวท. 42*(189), 7-10.

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2552). *เอกสารประกอบประชุมประจำปี ๒๕๕๒ ของ สศช. เรื่องวิสัยทัศน์ 2570 สู่แผนฯ 11.* นนทบุรี: ห้องแกรนด์ไดมอนด์บอลรูม ศูนย์แสดงสินค้าการประชุมอิมแพค เมืองทองธานี.

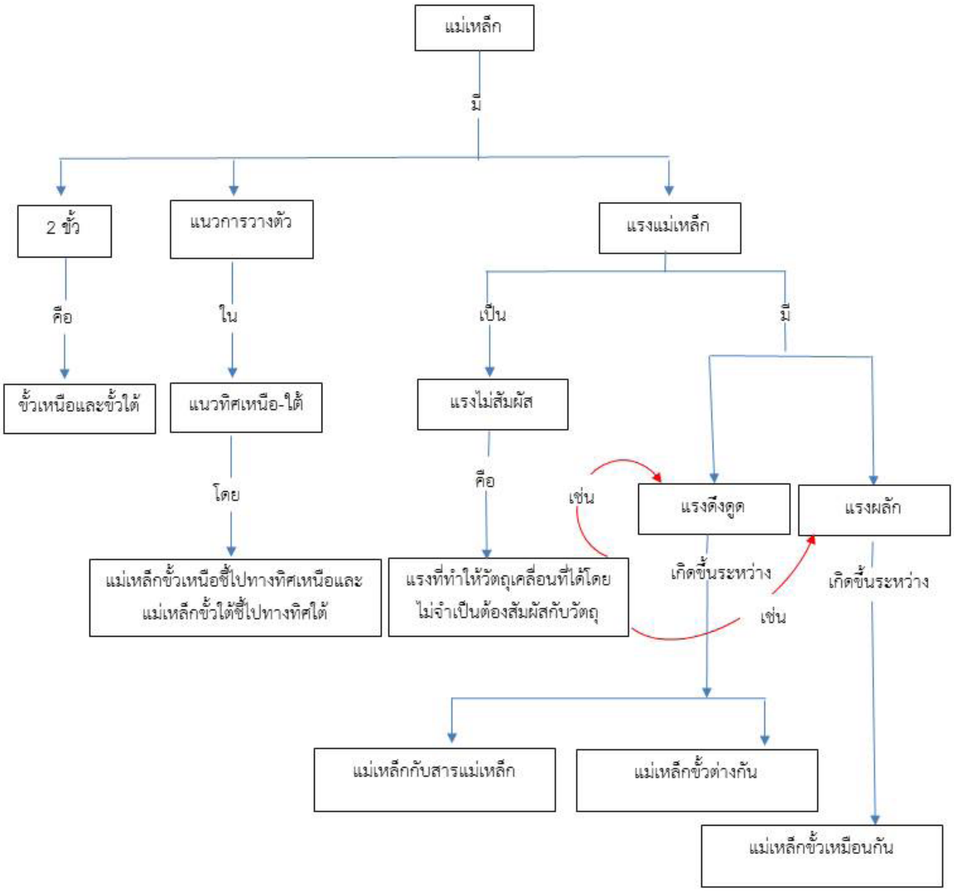
การนำเสนอแนวคิดผ่านผังมโนทัศน์

ผังมโนทัศน์ (Concept Map) เป็นการนำเสนอแนวคิด โดยมีการจัดลำดับแนวคิดและแสดงความเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดที่เกี่ยวข้องกัน ซึ่งอาจมีสองแนวคิดหรือมากกว่านั้น ผังมโนทัศน์ถือเป็นเครื่องมือสำคัญในการพัฒนาและประเมินการเรียนรู้ของผู้เรียน (Novak, 1990) ผังมโนทัศน์ช่วยให้ผู้เรียนฝึกกระบวนการคิดขั้นสูง (Edmondson, 2000) ส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองหรือสรุปแนวคิดเพื่อแสดงถึงความเข้าใจในเนื้อหาต่าง ๆ ที่ตนเองได้เรียนรู้

ลักษณะของผังมโนทัศน์

ผังมโนทัศน์เป็นการนำเสนอแนวคิดต่าง ๆ ในรูปแบบกราฟิกหรือไดอะแกรม ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ของแนวคิดย่อยที่อยู่ภายใต้แนวคิดหลัก ลักษณะสำคัญคือ มีการใช้คำเชื่อมเพื่อเชื่อมโยงคำหรือแนวคิดต่าง ๆ ให้มีความหมาย (Novak & Gowin, 1984) โดยใช้เส้นหรือลูกศรในการเชื่อมโยงแนวคิดต่าง ๆ เข้าด้วยกัน (NRC, 2001) การสร้างผังมโนทัศน์เป็นการฝึกให้ผู้เรียนจัดกระทำ และนำเสนอความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาที่กำลังเรียนอยู่ได้อย่างเป็นลำดับ

ผังมโนทัศน์เริ่มต้นด้วยการนำเสนอแนวคิดหลักของเนื้อหานั้น ๆ แล้วแตกกิ่งก้านออกไปเพื่อแสดงแนวคิดย่อยหรือหัวข้อย่อยที่มีความเกี่ยวข้องกับแนวคิดหลัก โดยมากแล้วผังมโนทัศน์จะมีการจัดเรียงแนวคิดเป็นลำดับขั้น (Hierarchy) ซึ่งอาจเริ่มจากแนวคิดหลักอยู่ด้านบนแล้วตามด้วยแนวคิดย่อยเรียงตามลำดับขั้นลงมา หรือเริ่มจากแนวคิดทั่วไป (General Concepts) ไปสู่แนวคิดที่มีความเฉพาะเจาะจงมากขึ้น (Specific Concepts) ทั้งนี้ในการจัดเรียงลำดับมักจัดให้แนวคิดที่มีความสำคัญเท่า ๆ กันอยู่ในระดับเดียวกัน โดยมากแล้วผังมโนทัศน์จะมีกล่องข้อความหรือมีการทำกรอบล้อมรอบแต่ละแนวคิดไว้ และมีการใช้คำเชื่อมหรือวลีเชื่อมโยงแต่ละแนวคิด เพื่อให้เห็นความสัมพันธ์ และสื่อความหมายได้อย่างชัดเจน ตัวอย่างเช่น เมื่อผู้เรียนศึกษาแนวคิดหลักเรื่องแม่เหล็ก ก็จะมีแนวคิดย่อย ๆ ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องนี้หลาย ๆ แนวคิด เช่น แรงแม่เหล็ก แรงไม่สัมผัส แรงดึง แรงผลัก สารแม่เหล็ก ขั้วแม่เหล็ก แนวการวางตัวของแท่งแม่เหล็ก โดยถ้าเรานำแนวคิดทั้งหมดนี้มาแสดงความสัมพันธ์ในรูปแบบผังมโนทัศน์ อาจแสดงได้ ดังนี้



ภาพ 1 ตัวอย่างผังมโนทัศน์เรื่องแม่เหล็ก

จากตัวอย่างผังมโนทัศน์เรื่องแม่เหล็ก จะเห็นว่ามีการจัดลำดับแนวคิดโดยแยกออกเป็นแนวคิดย่อย ๆ ซึ่งอยู่ภายใต้แนวคิดหลักเรื่องแม่เหล็ก รวมทั้งมีการเชื่อมโยงแนวคิดต่าง ๆ ด้วยคำเชื่อม และสามารถประกอบกันเป็นประโยคเพื่อนำเสนอแนวคิดหรือความหมายของแม่เหล็ก อย่างไรก็ตามผังมโนทัศน์ก็มีหลายรูปแบบ โดยอาจมีความซับซ้อนมากกว่านี้ เช่น มีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิด ดังที่แสดงด้วยลูกศรสีแดงในตัวอย่างผังมโนทัศน์เรื่องแม่เหล็ก นอกจากนี้ภายใต้แนวคิดหลักเดียวกัน ผู้เรียนก็อาจมีรูปแบบการนำเสนอที่เรียงลำดับแนวคิดหลักไปหาแนวคิดย่อยแตกต่างกัน เช่น เรียงลำดับจากบนลงล่าง ดังตัวอย่างเรื่องแม่เหล็กข้างต้น ซึ่งเป็นรูปแบบหรือโครงสร้างของผังมโนทัศนที่มักจะพบได้บ่อย เรียงลำดับจากซ้ายไปขวา เรียงโดยวางแนวคิดหลักไว้ตรงกลางของผังมโนทัศน์แล้วขยายแนวคิดย่อย ๆ ออกไปด้านข้าง และเมื่อผู้เรียนได้เรียนรู้เนื้อหาในแนวคิดนั้นลึกขึ้น ก็สามารถมาเพิ่มแนวคิดย่อยเพื่ออธิบายรายละเอียดของแนวคิดหลักได้ อย่างไรก็ตามการให้ผู้เรียนได้เริ่มฝึกสร้างผังมโนทัศน์ ครูอาจแนะนำรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งจนชำนาญก่อนจึงค่อยแนะนำรูปแบบอื่น ๆ ต่อไป

ผังมโนทัศน์เพื่อพัฒนาการเรียนรู้

ผังมโนทัศน์เป็นเครื่องมือที่ช่วยส่งเสริมกระบวนการคิดโดยฝึกให้ผู้เรียนคิดอย่างเป็นระบบ เห็นภาพความเชื่อมโยงของแนวคิดภายใต้หัวข้อที่กำลังศึกษา ซึ่งเป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างหรือสรุปองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง ทำให้การเรียนรู้เป็นไปอย่างมีความหมาย ไม่แยกส่วน และไม่เป็นเพียงการท่องจำ ในการกระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างผังมโนทัศน์เพื่อพัฒนาการเรียนรู้นั้น อาจเริ่มต้นจากคำถามสำคัญ (Focus Question) (Novak & Canas, 2007) ซึ่งควรเป็นคำถามที่ตอบได้จากการนำหลาย ๆ แนวคิดมาประกอบกัน และเน้นให้ตอบโดยการใช้ความคิดในการอธิบายมากกว่าที่จะนำเสนอแค่คำจำกัดความ

(Derbentseva et al., 2006) เช่น “ทำไมโลกของเราจึงมีหลายฤดู” เป็นคำถามที่เน้นกระบวนการคิดมากกว่าการถามว่า “บนโลกของเรามีกี่ฤดู อะไรบ้าง” ซึ่งแนวคำตอบในคำถามนี้จะไม่ซับซ้อน ตอบได้โดยการให้ข้อมูลที่มาจากความจำ หรือคำถามที่ว่า “พืชคืออะไร” แนวการนำเสนอคำตอบในผังมโนทัศน์ของผู้เรียนก็จะเป็นเพียงแค่การบรรยาย การจำแนกประเภท หรือการให้ความหมายของคำว่าพืช ดังนั้นในการเริ่มต้นฝึกการสร้างผังมโนทัศน์ที่กระตุ้นความคิดของผู้เรียน ครูอาจจะให้คำถามสำคัญเพื่อเป็นจุดเริ่มต้น โดยถ้าเริ่มต้นด้วยคำถามที่ดี การสร้างผังมโนทัศน์ของผู้เรียนก็จะสามารถนำเสนอข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ครูควรให้เวลากับผู้เรียนอย่างเพียงพอในการสร้างผังมโนทัศน์ เพื่อให้ผู้เรียนได้มีโอกาสคิดอย่างรอบคอบในการนำเสนอแนวคิด (Edwards & Fraser, 1983)

ในการสร้างผังมโนทัศน์ นอกจากจะใช้วิธีการวาดรูปกราฟิกล้อมรอบแนวคิดต่าง ๆ แล้ว ยังอาจนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การใช้แผ่น Post-it ประกอบแต่ละแนวคิดให้ออกมาในรูปแบบไดอะแกรม ซึ่งการใช้แผ่น Post-it จะทำให้สามารถเลื่อนหรือปรับตำแหน่งของแต่ละแนวคิดได้ง่ายในระหว่างการจัดกระทำข้อมูล หรืออาจนำเสนอความคิดผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ต่าง ๆ เช่น การใช้โปรแกรมสร้างผังมโนทัศน์ที่เรียกว่า Cmap ก็เป็นอีกหนึ่งตัวช่วยเช่นกัน

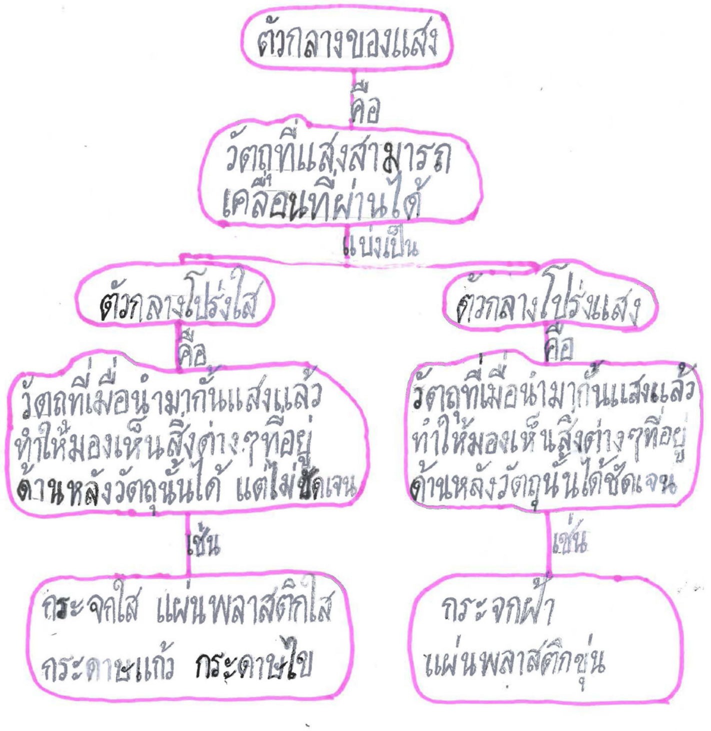
ผังมโนทัศน์เพื่อประเมินผลการเรียนรู้

นอกจากการใช้ผังมโนทัศน์เพื่อนำเสนอแนวคิดต่าง ๆ ในการพัฒนาการเรียนรู้แล้ว ผังมโนทัศน์ยังสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนว่ามีการจัดระบบความคิดอย่างไร มีการคิดที่เป็นเหตุเป็นผล หรือสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดต่าง ๆ ที่ได้เรียนไปได้หรือไม่ (McClure et al., 1999, Edmondson, 2000) ในการนำผังมโนทัศน์มาจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนนั้น อาจใช้ได้หลากหลายจุดประสงค์ เช่น นำมาใช้ก่อนเริ่มบทเรียนเพื่อทบทวนความรู้พื้นฐานหรือตรวจสอบความรู้เดิมของผู้เรียน นำมาใช้หลังจากจบบทเรียนเพื่อให้ผู้เรียนสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ หรือใช้เพื่อเชื่อมโยงแนวคิดในเรื่องที่กำลังเรียนกับเรื่องเคยเรียนมาแล้ว (Novak & Canas, 2015) และเมื่อเรียนเพิ่มเติมในเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง ครูอาจให้ผู้เรียนมาเขียนความเชื่อมโยงเติมในผังมโนทัศน์อีกครั้ง เพื่อแสดงภาพใหญ่ของแต่ละแนวคิดที่เกี่ยวข้องกัน วิธีการนี้ช่วยให้ผู้เรียนเห็นความสัมพันธ์ของเนื้อหาที่ได้เรียนไป ตลอดจนช่วยให้ผู้เรียนไม่ลืมเนื้อหาที่เรียนผ่านมาแล้วอีกด้วย (Romero et al., 2017)

การนำผังมโนทัศน์มาใช้ในการวัดผลหลังจบบทเรียน (Summative Assessment) เป็นวิธีการที่ครูจะใช้ประเมินว่าผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเพียงใดหลังจากเรียนเนื้อหาจบ โดยครูอาจทำได้หลายวิธี เช่น ให้คำสำคัญหรือแนวคิดย่อย ๆ ที่นักเรียนได้เรียนมาแล้ว จากนั้นให้นักเรียนนำคำเหล่านั้นมาประกอบเป็นผังมโนทัศน์ โดยเชื่อมโยงแนวคิดต่าง ๆ เข้าด้วยกันตามที่ตนเองเข้าใจ หรืออาจให้นักเรียนสร้างผังมโนทัศน์เพื่อสรุปแนวคิดที่ได้เรียนรู้ไปตามความเข้าใจของตนเองทั้งหมด นอกจากการประเมินหลังจบบทเรียนแล้ว ครูอาจนำผังมโนทัศน์มาเป็นเครื่องมือในการประเมินผลระหว่างเรียน (Formative Assessment) โดยผลที่ได้จะช่วยสะท้อนว่าผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจในแนวคิดที่กำลังเรียนดีเพียงใด หรือมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนใดบ้าง ซึ่งครูสามารถนำผลดังกล่าวมาปรับกระบวนการจัดการเรียนรู้ เพื่อแก้แนวคิดคลาดเคลื่อนที่อาจพบในผังมโนทัศน์ของผู้เรียนได้ เช่น ในเรื่องตัวกลางของแสง ซึ่งประกอบด้วยหลาย ๆ แนวคิด เช่น *“ตัวกลางของแสงเป็นวัตถุที่แสงสามารถเคลื่อนที่ผ่านได้” “ตัวกลางของแสงแบ่งออกเป็นตัวกลางโปร่งใสและตัวกลางโปร่งแสง” “ตัวกลางโปร่งใสคือวัตถุที่เมื่อนำมากั้นแสงแล้วทำให้มองเห็นสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่ด้านหลังวัตถุนั้นได้ชัดเจน แต่ตัวกลางโปร่งแสงจะมองเห็นวัตถุได้ไม่ชัดเจน”* แนวคิดเหล่านี้ นักเรียนอาจนำมาจัดเรียงอยู่ในรูปแบบของผังมโนทัศน์ได้ ดังภาพ 2

จากผังมโนทัศน์ที่แสดง ครูสามารถประเมินความเข้าใจของผู้เรียนได้ โดยจะพบว่าผู้เรียนยังมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนและสับสนเกี่ยวกับความหมายของตัวกลางโปร่งแสงและตัวกลางโปร่งใส และยกตัวอย่างวัตถุที่เป็นตัวกลางโปร่งใสผิด นั่นคือกระดาษไขซึ่งเป็นตัวกลางโปร่งแสง ดังนั้นครูจะสามารถช่วยแก้ความเข้าใจคลาดเคลื่อนนี้ได้อย่างทันท่วงที โดยชักชวนนักเรียนทำกิจกรรมใหม่หรืออภิปรายเรื่องดังกล่าวอีกครั้ง

ผังมโนทัศน์ของผู้เรียนอาจเป็นได้หลายรูปแบบ ทั้งรูปแบบการนำเสนอเนื้อหาที่ซับซ้อนหรือเป็นแค่การนำเสนอความรู้พื้นฐาน ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับวัยและระดับชั้นของผู้เรียนที่ทำให้แนวคิดหรือเนื้อหาต่าง ๆ มีความซับซ้อนแตกต่างกันไป การประเมินผังมโนทัศน์ของผู้เรียนอาจทำได้โดยดูจากหลายมิติ เช่น ความครบถ้วนด้านเนื้อหา ความถูกต้องของแนวคิดต่าง ๆ โดยสังเกตจากการแสดงความสัมพันธ์ของแต่ละแนวคิดที่ปรากฏในผังมโนทัศน์ ความเหมาะสมของคำเชื่อมที่ใช้ รวมไปถึงลำดับขั้นในการนำเสนอแนวคิดภายในผังมโนทัศน์



ภาพ 2 ตัวอย่างผังมโนทัศน์ของผู้เรียนเรื่องตัวกลางของแสง

การเรียนรู้ผ่านการทำปฏิบัติการหรือกิจกรรมต่าง ๆ อาจไม่มีความหมายเลย ถ้าผู้เรียนไม่มีโอกาสสรุปหรือจัดลำดับความคิดของตนเองในสิ่งที่ได้เรียนรู้ไป ผังมโนทัศน์นับเป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยส่งเสริมกระบวนเรียนรู้ของผู้เรียน ทำให้การเรียนรู้เป็นไปอย่างมีความหมาย อย่างไรก็ตาม การสร้างผังมโนทัศน์ที่ดีอาจเป็นเรื่องที่ยากและท้าทายสำหรับผู้เรียน โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากผู้เรียนเคยชินกับการเรียนแบบท่องจำ (Novak, 1990) ซึ่งเป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่ไม่ได้พัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบและการคิดสร้างสรรค์เท่าที่ควร ดังนั้น เพื่อให้การพัฒนากระบวนการคิดเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ครูควรส่งเสริมการจัดการเรียนรู้ที่ฝึกกระบวนการคิดซึ่งผังมโนทัศน์เป็นเครื่องมือที่สำคัญอย่างหนึ่งที่ช่วยให้ผู้เรียนได้มีโอกาสสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

บรรณานุกรม

Edmondson, K. (2000). *Assessing science understanding through concept maps.* Assessing Science Understanding. San Diego: Academic Press.

Edwards, J. & Fraser, K. (1983). Concept maps as reflections of conceptual understanding. *Research in Science Education, 13*, 19-26.

McClure, J. R., Sonak, B. & Suen, H. K. (1999). Concept map assessment of classroom learning: reliability, validity, and logistical practicality. *Journal of Research in Science Teaching, 36*(4), 475-492.

National Research Council. (2001). *Knowing what students know: The science and design of educational assessment.* Washington, DC: National Academies Press.

Novak, J. D. (1990). Concept mapping: A useful tool for science education. *Journal of Research in Science Teaching, 27*(10), 937-949.

Novak, J. D. & Canas, A. J. (2007). Theoretical origins of concept maps, how to construct them, and uses in education. *Reflecting education, 3*(1), 29-42.

Novak, J. D. & Canas, A. J. (2015). The theory underlying concept maps and how to construct them. (July, 2015). Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/252642478_The_Theory_Underlying_Concept_Maps_and_How_to_Construct_Them.

Novak, J. D. & Gowin, D. B. (1984). *Learning How to Learn*. New York: Cambridge.

Romero, C. Cazorla, M. & Buzon, O. (2017). Meaningful learning using concept maps as a learning strategy. *Journal of Technology and Science Education, 7*(3), 313-332.

 ดร.อรสา ชูสกุล • ผู้ชำนาญ สาขาเคมีและชีววิทยา สสวท. • e-mail: ochoo@ipst.ac.th

ข้อมูลเพิ่มเติม

bit.ly/220-v2

สร้างสรรค์ชิ้นงานเพื่อการเรียนรู้

เมื่ออ่านชื่อบทความแล้ว ผู้อ่านอาจสงสัยว่าบทความนี้จะเขียนเกี่ยวกับอะไร บางคนอาจคิดว่าเป็นบทความที่เกี่ยวกับการพัฒนาบุคลิกภาพของตนเองให้ดูดีในสายตาของผู้อื่น หรือบางคนอาจคิดว่าคงเขียนเกี่ยวกับเทคนิคการวาดภาพ สร้างสรรค์ภาพจากงานศิลปะ เพื่อให้ภาพออกมาสวยงามและดูดี ซึ่งที่กล่าวมาทั้งหมดนั้น ไม่ใช่สิ่งที่ผู้เขียนต้องการถ่ายทอด แต่สิ่งที่ผู้เขียนต้องการถ่ายทอดคือ กิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้หลักการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย มาช่วยทำให้รูปภาพเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์มีความน่าสนใจ และช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดีขึ้น

กิจกรรมนี้เหมาะสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษา และเป็นกิจกรรมที่ครูหรือผู้ที่สนใจสามารถนำไปใช้ในการสร้างสรรค์ชิ้นงานในรูปแบบอื่น ๆ ได้อีก นอกจากนี้ กิจกรรมนี้ยังสอดคล้องกับตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ดังนี้

1. ระบุส่วนประกอบและบรรยายหน้าที่ของแต่ละส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายจากหลักฐานเชิงประจักษ์
2. เขียนแผนภาพและต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย
3. ออกแบบการทดลองและทดลองด้วยวิธีที่เหมาะสมในการอธิบายวิธีการและผลของการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรม
4. ตระหนักถึงประโยชน์ของความรู้ของการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรมโดยบอกประโยชน์และการประยุกต์ใช้ชีวิตประจำวัน
5. ออกแบบการทดลองและทดลองด้วยวิธีที่เหมาะสมในการอธิบายการต่อหลอดไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนาน
6. ตระหนักถึงประโยชน์ของความรู้ของการต่อหลอดไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนาน โดยบอกประโยชน์ ข้อจำกัด และการประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

กิจกรรม สร้างสรรค์ชิ้นงานเพื่อการเรียนรู้

กิจกรรมนี้ครูอาจเริ่มต้นด้วยการใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนคิด โดยอาจตั้งคำถามว่า จากชื่อกิจกรรม **สร้างสรรค์ชิ้นงานเพื่อการเรียนรู้** นักเรียนคิดว่าวันนี้ครูจะให้นักเรียนทำกิจกรรมเกี่ยวกับเรื่องอะไร ซึ่งคำตอบของนักเรียนอาจมีได้หลากหลาย อาจจะเหมือนหรือแตกต่างจากที่เขียนไว้ตอนต้นบทความก็ได้ จากนั้นครูบอกวัตถุประสงค์ของการทำกิจกรรม เพื่อให้นักเรียนได้ทราบว่ากิจกรรมนี้ต้องการให้นักเรียนรู้อะไร สามารถทำอะไรได้

จุดประสงค์ของกิจกรรม มีดังนี้

1. อธิบายความสำคัญและประโยชน์ของพลังงานไฟฟ้า
2. อธิบายการเกิดกระแสไฟฟ้า
3. อธิบายส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย และสัญลักษณ์ทางไฟฟ้า
4. เปรียบเทียบความแตกต่างของวงจรไฟฟ้าเปิด ปิด
5. ต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม และแบบขนานได้
6. นำความรู้มาสร้างชิ้นงานอย่างสร้างสรรค์

จากนั้นครูอาจให้นักเรียนดูรูปภาพต่าง ๆ เช่น ไฟหน้ารถยนต์ ไฟฟ้าที่เปิดอยู่บนถนน รถไฟฟ้าวิ่งบนราง พัดลมกำลังเปิดใช้งานอยู่ เทียนไขสว่าง แสงอาทิตย์ส่องลงมาที่ใบพืช ดังภาพ

ภาพ 1 ไฟหน้ารถยนต์

ภาพ 2 ไฟฟ้าที่เปิดอยู่บนถนน

ภาพ 3 รถไฟฟ้าวิ่งบนราง

ภาพ 4 พัดลมกำลังเปิดใช้งานอยู่

ภาพ 5 เทียนไขสว่าง

ภาพ 6 แสงอาทิตย์ส่องลงมาที่ใบพืช

ครูใช้คำถามกับนักเรียนว่า ภาพใดบ้างที่ต้องใช้พลังงานไฟฟ้า ควรได้คำตอบว่า ไฟหน้ารถยนต์ ไฟฟ้าที่เปิดอยู่บนถนน รถไฟฟ้าวิ่งบนราง พัดลมกำลังเปิดใช้งานอยู่ จากนั้นครูใช้คำถามต่อไปอีกว่า นักเรียนคิดว่าพลังงานไฟฟ้ามีประโยชน์หรือไม่ อย่างไร จากคำถามเหล่านี้ ครูสามารถตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับความหมายของคำว่าพลังงานไฟฟ้าและประโยชน์ของพลังงานไฟฟ้าได้

จากนั้นครูอธิบายความหมายของพลังงานไฟฟ้าว่า เป็นพลังงานรูปแบบหนึ่ง โดยพลังงานไฟฟ้าสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานอื่นได้ เช่น พลังงานแสง พลังงานเสียง พลังงานกล นอกจากนี้ มนุษย์สามารถนำพลังงานไฟฟ้ามาใช้กับอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ เพื่อทำให้ชีวิตของมนุษย์มีความสะดวกสบายมากยิ่งขึ้น

ครูให้นักเรียนช่วยกันคิดต่อไปว่า ทำไมหลอดไฟฟ้าจึงสว่างได้ จากนั้นครูอธิบายเกี่ยวกับส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้า และสัญลักษณ์ทางไฟฟ้า ดังนี้

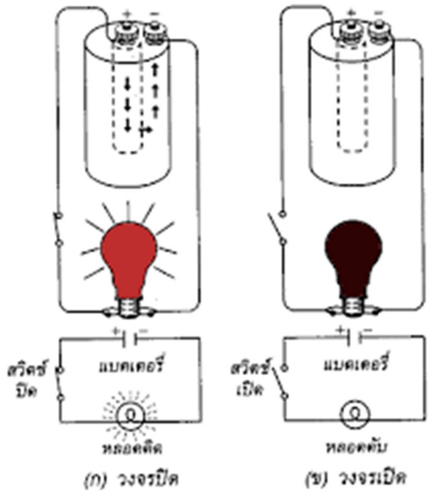
แหล่งกำเนิดไฟฟ้า ทำให้เกิดความต่างศักย์ในวงจร เช่น ถ่านไฟฉาย แบตเตอรี่
ตัวนำไฟฟ้า วัสดุที่อิเล็กตรอนไหลผ่านได้ เช่น สายไฟ แผ่นทองแดง เพื่อให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่จากแหล่งกำเนิดไฟฟ้าไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้า
อุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น หลอดไฟฟ้า พัดลม
สัญลักษณ์ทางไฟฟ้า

ชื่อ	สัญลักษณ์
1. เซลล์ไฟฟ้า	
2. แบตเตอรี่	
3. สายไฟ	
4. สวิตช์	
5. ความต้านทาน	
6. แอมมิเตอร์	A
7. โวลต์มิเตอร์	V
8. หลอดไฟฟ้า	

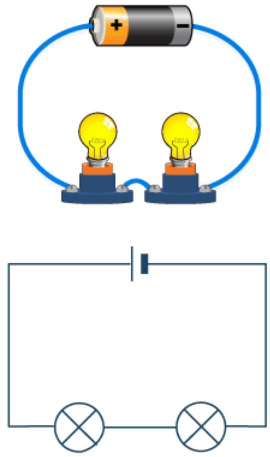
ตาราง 1 สัญลักษณ์ทางไฟฟ้า

เมื่อนักเรียนรู้จักส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้า และสัญลักษณ์ทางไฟฟ้าแล้ว ครูสามารถอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้าปิด เปิด แตกต่างกันอย่างไร โดยใช้ภาพ 7 ประกอบการอธิบายเพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจได้ง่ายขึ้น

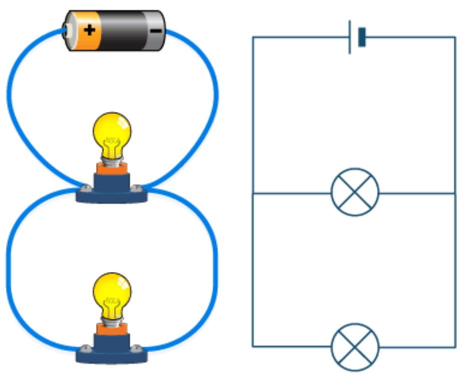
ต่อจากนั้นครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับการต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม และแบบขนาน โดยใช้ภาพประกอบการอธิบาย ดังภาพ 8 และ 9



ภาพ 7 วงจรไฟฟ้าปิด เปิด



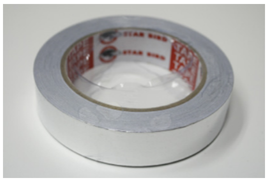
ภาพ 8 การต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม



ภาพ 9 การต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนาน

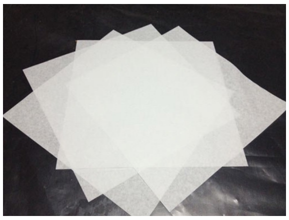
หลังจากที่นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับพลังงานไฟฟ้า ประโยชน์ของพลังงานไฟฟ้า ส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้า สัญลักษณ์ทางไฟฟ้า วงจรไฟฟ้าเปิด ปิด การต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม และการต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนานแล้ว ครูจึงให้นักเรียนเริ่มสร้างสรรค์ชิ้นงานจากการนำความรู้ที่ได้เรียนมาประยุกต์ใช้

■ **วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำกิจกรรม** มีดังนี้



เทปอะลูมิเนียม

หลอด LED

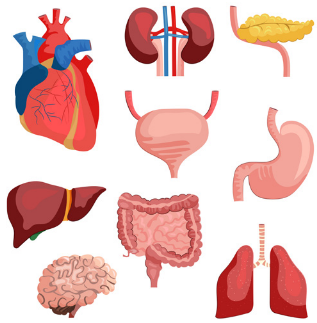


กระดาษไขวาดรูป

กรรไกร

มีดคัตเตอร์

ถ่านกระดุม



ตัวอย่างภาพทางวิทยาศาสตร์

เทปกาวใส

ปากกาสีเมจิก

กระดาษสี

ภาพ 10 วัสดุและอุปกรณ์

ขั้นตอนการทำชิ้นงาน

1. เลือกกระดาษสี
2. วาดภาพทางวิทยาศาสตร์ลงบนกระดาษไข หรือเลือกภาพทางวิทยาศาสตร์ (กรณีที่นักเรียนไม่ต้องการวาดภาพเอง ครูอาจจัดเตรียมภาพทางวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียน หรือให้นักเรียนเตรียมมาล่วงหน้า
3. ร่างแบบการต่อวงจรไฟฟ้า การวางตำแหน่งภาพ และตำแหน่งหลอด LED ลงบนกระดาษสี
4. ดำเนินการต่อวงจรไฟฟ้า วางตำแหน่งภาพ และตำแหน่งหลอด LED ตามแบบร่างในข้อ 3 เพื่อตรวจสอบการทำงานของวงจรไฟฟ้า โดยที่ยังไม่ต้องลอกเทปอะลูมิเนียมออก
5. เมื่อวงจรไฟฟ้าในข้อ 4 ทำงานได้จริง ให้ลอกเทปอะลูมิเนียมออก รีดเทปอะลูมิเนียมให้เรียบและมีรอยต่อน้อยที่สุด
6. ชี้ตำแหน่งและเขียนคำอธิบายบนรูปภาพทางวิทยาศาสตร์

ภาพ 11 การต่อวงจรไฟฟ้า

ภาพ 12 ตัวอย่างชิ้นงานของนักเรียน

การเรียนรู้เรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย โดยการให้นักเรียนได้ลงมือทำกิจกรรมจะช่วยทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในหลักการทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับเรื่องนี้ได้เป็นอย่างดี รวมทั้งนักเรียนยังได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งความรู้และทักษะเหล่านี้จะเป็นพื้นฐานที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนต่อไป

บรรณานุกรม

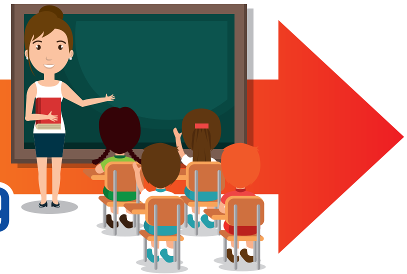
Robert, L. B. (2007). Introductory circuit analysis. Retrieved August 2, 2019, from https://faculty.psau.edu.sa/filedownload/doc-9-pdf-8b8cd-5cadbd34b4c7e7be2eaf8457e3f-original.pdf

University of Technology Laser and Optoelectronics Engineering Department. (2019). Experiment NO.3 Series and parallel connection. Retrieved August 1, 2019, from https://uotechnology.edu.iq/dep-laserandoptoelec-eng/laboratory/1/DC/Experiment%20NO.3.pdf

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

วีระพงษ์ พิมพ์สาร • ครูชำนาญการ โรงเรียนมัธยมสุวิทย์เสรีอนุสรณ์ กทม. • e-mail: koowee2015@gmail.com

การศึกษาไทยกับการประยุกต์ใช้ Phenomenon - Based Learning



Skill หรือทักษะ ที่มุ่งหวังให้เกิดกับผู้เรียน ไม่ใช่เรื่องง่ายๆ ในการจัดการความเคยชินกับการจัดการเรียนการสอนที่เน้นท่องจำ น่าจะหมดไปได้แล้วในยุค 4G ซึ่งสิ่งที่มาทดแทนคือ "การพัฒนาทักษะ" ด้านต่าง ๆ หลักสูตรจึงกำหนดให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ตามทักษะ แต่ข้อกำหนดใด ๆ หากขาดแนวทางที่เหมาะสมสำหรับผู้เรียน เหมาะสมกับบริบทของแต่ละคน แต่ละโรงเรียน ความโดดเด่นของการจัดการเรียนการสอนก็จะหมดลง หรือทำให้ผู้เรียนเกิดความเบื่อหน่าย ที่ต้องท่องจำกระบวนการ แทนที่จะพัฒนาตามกระบวนการอย่างเป็นธรรมชาติแบบไม่รู้ตัว

แนวทางการจัดการเรียนการสอนที่มีอยู่ในปัจจุบันมีมากมาย เป็นเหมือนจิ๊กซอว์ (Jigsaw) ที่ครูต้องเติมเต็มวิธีการหรือกระบวนการเข้าไป เพื่อให้ได้ภาพที่สมบูรณ์ตามความเหมาะสมของบริบทของแต่ละโรงเรียน โดยวิธีการสอนแบบต่าง ๆ ล้วนแล้วแต่พัฒนาทักษะ กระบวนการตามหลักการต่าง ๆ ซึ่งผู้เขียนเองได้ทดลองมาหลากหลายวิธี เช่น การให้นักเรียนหาประเด็นในการทำโครงงาน สิ่งที่ไม่หลุดจากกรอบคือการที่ครูเสนอประเด็นให้เด็กไปทำ เมื่อได้ประเด็นแล้ว จากนั้นก็เข้าสู่กระบวนการไม่ว่าจะเป็น 5E 7E หรือ STEM ซึ่งเป็นวิธีการสอนที่กระตุ้นให้ผู้เรียนสนใจใคร่เรียนรู้ สู่กระบวนการ ไปจนถึงการพัฒนาทักษะ การสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง มีเด็กหลายคนที่สนใจว่าหาประเด็นอย่างไร หาแบบไหน เอาแบบที่ครูไม่ต้องบอกว่าให้ทำอันนั้นอันนี้ การตัดสินใจแบบไหนจึงจะรู้ว่าประเด็นในการทำโครงงานต้องเป็นอย่างไร สำคัญอย่างไร เพื่อนำไปสู่การพัฒนาสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรม เรียกได้ว่า "คิดแบบไหนจึงจะได้นวัตกรรม" ให้สามารถทัดเทียมประเทศอื่น ๆ ที่มาจึงสำคัญมาก การสอนกับกระบวนการในการจัดการเรียนรู้ก็ต้องสอดคล้องกัน บทความนี้จึงเน้นเรื่องการนำเสนอวิธีการสอนที่ใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานการเรียนรู้ (Phenomenon - Based Learning: PhenoBL) เพื่อฝึกให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้แบบบูรณาการข้ามรายวิชา เพื่อให้ผู้เรียนสามารถค้นหาประเด็นสู่การทำโครงการหรือพัฒนานวัตกรรมได้อย่างลึกซึ้ง

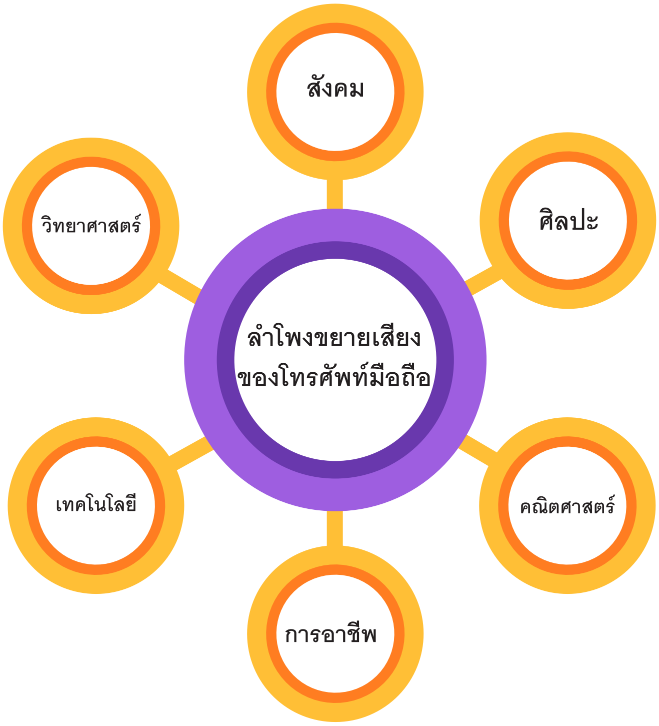
เป็นที่ทราบกันดีว่า ประเทศฟินแลนด์จัดการศึกษาได้ดีเป็นอันดับต้นๆ ของโลก การจัดการศึกษาของฟินแลนด์เน้นให้ผู้เรียนเรียนรู้อย่างมีความสุข การเรียนที่เน้นการเล่น มีความไว้ใจซึ่งกันและกัน ใช้สิ่งแวดล้อมรอบตัวมาเรียนรู้บูรณาการข้ามสาระวิชา ซึ่งสิ่งเหล่านี้นับได้ว่าส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้อย่างมีความสุข เป็นการเสริมสร้างแรงจูงใจในการเรียน และส่วนหนึ่งที่น่าสนใจคือ วิธีการสอนโดยใช้ปรากฏการณ์การเรียนรู้เป็นฐานการเรียนรู้ วิธีการสอนแบบนี้คืออะไร ทำไมต้องเรียนแบบนี้ เรียนแล้วได้อะไร วันนี้เราลองมาศึกษาเปรียบเทียบกันดูครับ

ภาพ 1 รายวิชาการงานอาชีพ

การใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานการเรียนรู้ เป็นการศึกษาเรื่องราวหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในสภาพความเป็นจริงแบบองค์รวม (Holistic) โดยเริ่มต้นจากการค้นหาประเด็นเรียนรู้ หรือประเด็นที่สนใจรอบ ๆ ตัว โดยแบ่งลักษณะของปรากฏการณ์ได้เป็น 3 ปรากฏการณ์ คือ

1. **ปรากฏการณ์ทางสังคม** เช่น สังคมผู้สูงอายุ พฤติกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ ประเพณี ศาสนา วัฒนธรรม
2. **ปรากฏการณ์ทางเศรษฐกิจ** เช่น startup ร้านกาแฟ ผลิตภัณฑ์เพื่อการอุปโภคบริโภค ต่าง ๆ ปรากฏการณ์ทางเศรษฐกิจยุคข้าวยากหมากแพง เศรษฐกิจพอเพียง เศรษฐกิจและรายได้ในชุมชน
3. **ปรากฏการณ์ทางด้านสิ่งแวดล้อม** เช่น ภัยพิบัติ การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ ความแห้งแล้ง น้ำเสีย ขยะ

จากภาพ 2 การออกแบบการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานการเรียนรู้ เกิดจากการออกแบบร่วมกันของครูในแต่ละรายวิชา โดยใช้เนื้อหาในวิชาของตนเองเข้ามาร่วมกันสอนในแต่ละปรากฏการณ์ที่กำหนดร่วมกัน และเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริง ทั้งในพื้นที่หรือนอกพื้นที่ และมีการปรึกษาหารือร่วมกันตลอดการจัดการเรียนรู้ อาจจะเป็นกลุ่มย่อย หรือเป็นคู่ เมื่อมีความคิดใหม่ ๆ หรือเมื่อเกิดปัญหาในการจัดการเรียนรู้ และไม่ได้เป็นรูปแบบที่ตายตัว ไม่ได้เน้นการทำเอกสารส่ง แต่เน้นการแก้ปัญหาร่วมกัน เฉพาะนักเรียนรายบุคคลที่เกิดปัญหา เช่น การแชร์พฤติกรรมของเด็กขณะเรียน หรือการกำหนดกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อให้สอดคล้องกัน



ภาพ 2 การออกแบบการเรียนรู้แบบ Phenomenon-Based Learning ; PhenoBL

“การสอนแบบบูรณาการ ไม่ใช่การสอนแบบที่ครูหลายคนเข้าสอนพร้อม ๆ กันในห้องเดียวกัน” แต่เป็นการสอนที่ร่วมมือกัน โดยครูแต่ละคนสอนเนื้อวิชาของตนเองให้สอดคล้องเป็น “Theme” เดียวกัน ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงและนำความรู้นั้น ๆ ไปใช้ได้ทันทีเมื่อการประกอบจิ๊กซอว์ทำให้มองเห็นภาพได้ชัดเจน ซึ่งแต่ละวิชาจะใช้กระบวนการใด ๆ ก็ได้ แล้วแต่บริบทของรายวิชานั้น ๆ เพื่อฝึกฝนทักษะให้กับผู้เรียน เมื่อผู้เรียนได้รับองค์ความรู้ต่าง ๆ ก็สามารถนำมาสร้างเป็นชิ้นงานได้ด้วยตนเอง จากตัวอย่างในภาพ 2 เหตุผลที่เลือกปรากฏการณ์การเรียนรู้เรื่อง ลำโพงขยายเสียงของโทรศัพท์มือถือ เนื่องจาก

1. ผู้เรียนมีความสนใจ เนื่องจากในขณะนั้นลำโพงโทรศัพท์กำลังเป็นที่นิยมในกลุ่มวัยรุ่น
2. โรงเรียนอยู่ในเขตนิคมอุตสาหกรรม
3. มีความเป็นไปได้ของการออกแบบการสอนร่วมกันและสอดคล้องกับหลักสูตร

ภาพ 3 ก. วิชาศิลปะ ข. วิชาอิเล็กทรอนิกส์ ค. วิชางานอาชีพ

ตัวอย่างเนื้อหาในแต่ละสาขาวิชา

- **วิทยาศาสตร์** มีเนื้อหาเรื่องเสียง การกำเนิดเสียง คุณสมบัติของเสียง คุณภาพของเสียง ระดับความเข้มเสียง
- **เทคโนโลยี** การออกแบบ กราฟฟิกดีไซน์
- **ศิลปะ** สี แสงและเงา รูปแบบงานศิลปะร่วมสมัย
- **สังคม** การทำงานร่วมกัน จิตวิทยา ประวัติศาสตร์ของศิลปะ
- **การงานอาชีพ** งานไม้ งานออกแบบงานไม้ การใช้เครื่องมือ งานกลึง
- **คณิตศาสตร์** พื้นที่ ปริมาตรรูปทรง การวัด อัตราส่วน

ซึ่งปรากฏการณ์เป็นฐานเรียนรู้ อาจเกิดจากการสำรวจ สืบค้นข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ และศึกษาความเป็นไปได้ของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

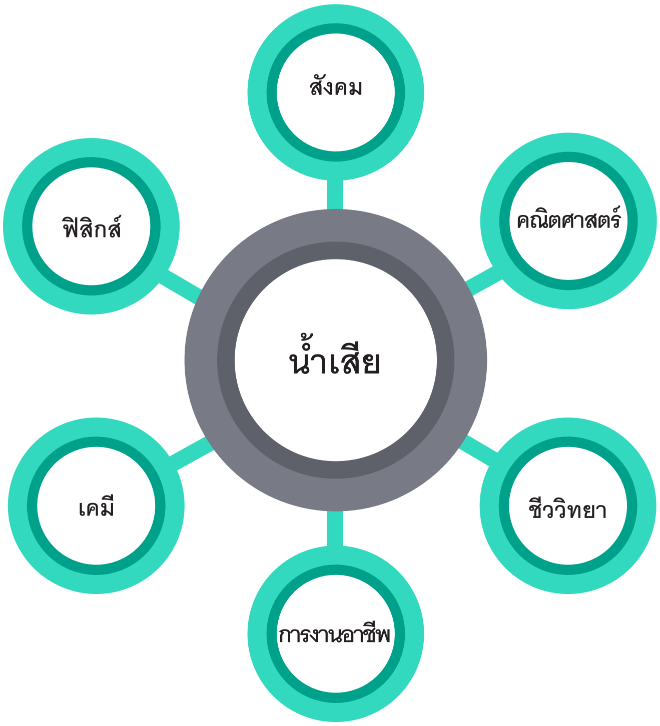
การศึกษาไทยกับการประยุกต์ใช้ Phenomenon – Based Learning

เนื่องจากการจัดการเรียนการสอนของประเทศไทยแบ่งการบริหารจัดการเป็นกลุ่มสาระ มีหลักสูตรค่อนข้างตายตัวและอัดแน่นไปด้วยมาตรฐาน/ตัวชี้วัดต่าง ๆ การบูรณาการจึงค่อนข้างเกิดขึ้นได้ยาก แต่ก็สามารถทำได้ หากต้องการให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาอย่างแท้จริง การจัดการเรียนสอนแบบบูรณาการในรูปแบบปรากฏการณ์เป็นฐานการเรียนรู้ จึงเป็นคำตอบที่ครูหลาย ๆ คนอาจให้ความสนใจ กล่าวคือ

1. เป็นการจัดการเรียนการสอนข้ามรายวิชา เพื่อให้ผู้เรียนพัฒนาของแต่ละวิชาไปพร้อม ๆ กัน (ซึ่งในชีวิตจริงก็เป็นอย่างนั้นอยู่แล้ว)

2. ทำให้เกิด Professional Learning Community (PLC) ในรูปแบบกลุ่มครู ทั้งในที่เป็นครูในโรงเรียนและครูต่างโรงเรียนกันได้

3. แม้ว่าจะเป็นการสอนแบบบูรณาการ แต่ก็ไม่จำเป็นต้องเข้าสอนพร้อมกันในห้องเดียวกัน ชั่วโมงเดียวกันเสมอไป ไม่จำเป็นต้องมีครูครบทุกวิชา หากแต่ครูคนเดียวก็สามารถสอนให้ครอบคลุมทั้งหมดทุกวิชาได้เช่นกัน หรือแบ่งกลุ่มผู้เรียนออกเป็นกลุ่มย่อย ๆ แล้วเวียนกันสอนก็สามารถทำได้



ภาพ 4 การออกแบบการเรียนรู้แบบ Phenomenon-Based Learning; PhenoBL ของโรงเรียนมัธยมสุวิทย์เสรีอนุสรณ์

4. กระบวนการในการจัดกิจกรรมการการเรียนการสอนขึ้นอยู่กับธรรมชาติของรายวิชานั้น ๆ เช่น STEM / 5E / 7E / 4MAT / CIPPA ซึ่งเป็นไปตามบริบทของโรงเรียน สภาพความพร้อมและพัฒนาการของผู้เรียน

5. วัดผลประเมินตามสภาพจริง (Authentic Assessment) เช่น ประเมินผลจากชิ้นงาน แฟ้มสะสมผลงาน การประเมินตนเองของผู้เรียน การประเมินพฤติกรรม การประเมินพัฒนาการของผู้เรียน

หลักในการดำเนินการ

1. คัดเลือกประเด็น/ปรากฏการณ์ที่จะนำไปสู่การจัดการเรียนรู้ ควรเลือกปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นโดยทั่วไปแต่ชัดเจน เป็นที่รู้จักของเด็กในท้องถิ่นนั้น ๆ เช่น ประเพณีปล่อยโคมลอย ไหลเรือไฟ น้ำป่าไหลหลาก ปรากฏการณ์ที่เลือกจึงเป็นเสมือน Theme ที่ต้องจัดการเรียนรู้ร่วมกันด้วยศาสตร์ของครูแต่ละคนที่ตนเองถนัด ดังนั้นในขั้นนี้จึงเสมือนเป็นการพัฒนาหลักสูตรหรือพัฒนาคำอธิบายราชวิชา

2. เชื่อมโยงมาตรฐาน/ตัวชี้วัดของแต่ละกลุ่มสาระที่ต้องจัดการให้สอดคล้องกับหลักสูตร ดังนั้น ปรากฏการณ์ที่เลือกจึงไม่จำเป็นต้องมีเนื้อหาเรื่องเดียว อาจมีหลายเนื้อหาก็ได้ใน 1 ภาคเรียน เพื่อให้ผู้เรียนบรรลุจุดประสงค์ตามหลักสูตร ในขั้นตอนนี้จึงเป็นเหมือการพัฒนาโครงสร้างรายวิชา แต่เป็นการวางโครงสร้างที่แต่ละวิชาต้องไปจัดลำดับเนื้อหาด้วยตนเอง และต้องให้สอดคล้องกับ Theme หรือปรากฏการณ์ที่เลือก

3. วิเคราะห์เครื่องมือ/สื่อที่สนับสนุนการเรียนการสอน ครูสามารถใช้พื้นที่เรียนรู้นอกห้องเรียน นอกโรงเรียน หรือในชุมชน เพื่อเป็นการกระตุ้นนักเรียนให้เกิดแรงจูงใจและเห็นความสำคัญของประเด็นการเรียนรู้ อาจรวมไปถึงการพัฒนาเอกสารการสอน หรือนำเอกสารการสอนเดิมมาวิเคราะห์ดูว่าใช้ร่วมกันได้หรือไม่ อย่างไร รวมทั้งสื่ออื่น ๆ ที่จำเป็นในการสนับสนุนการเรียนการสอน หรือหน่วยงานอื่น ๆ ภายนอกที่มีองค์ความรู้ในประเด็นเรียนรู้ที่เรากำหนด เพื่อให้ผู้เรียนรู้สึกถึงความหลากหลายของการสอน และสัมผัสกับเจ้าของอาชีพหรือผู้รับผิดชอบโดยตรง เช่น กรณีประเด็นเรียนรู้เรื่อง **"น้ำเสีย"** สามารถเชิญฝ่ายสิ่งแวดล้อม/กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม/กรมควบคุมมลพิษ/เครือข่ายการจัดการน้ำภาคประชาชน/มูลนิธิอุทกพัฒน์

ภาพ 5 นักเรียนนำเสนอการสำรวจชุมชน

ภาพ 6 ประชุมกำหนดมาตรฐาน/ตัวชี้วัด

ภาพ 7 พลเอกอนุพงษ์ เผ่าจินดา รมว.กระทรวงมหาดไทย พร้อมด้วยหัวหน้าหน่วยราชการ ร่วมกิจกรรมการบำบัดน้ำเสียในคลองอีแว เขตประเวศ กทม.

ภาพ 8 กิจกรรมการทดลองเก็บข้อมูลน้ำเสียในสถานที่จริง

4. วางแผนการดำเนินการเรียนการสอน ขั้นตอนนี้เป็นการวางแผนในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน เช่น ช่วงไหนจะให้เนื้อหา ช่วงไหนจะเพิ่มทักษะด้านใด ใครเป็นคนจัดการ (โดยระบุตัวบุคคล) เพื่อให้เกิดการทำงานที่สอดคล้องกัน รวมถึงแผนสำรองที่ควรมีไว้กรณีครูติดราชการ

5. วัดผลและการประเมินผล การกำหนดงาน ภาระงานของผู้เรียนมีความจำเป็น เพื่อนำมากำหนดคะแนนและนำไปสู่การประเมินผล ทั้งนี้ชิ้นงานที่ทำส่งครูควรเป็นชิ้นงานที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้ของผู้เรียนเอง และควรเป็นชิ้นงานที่ทุกวิชาสามารถให้คะแนนร่วมกันได้ เช่น

- กรณีการสร้าง Model การแก้ปัญหาน้ำหลาก
  - วิชาคณิตศาสตร์ สามารถวัดได้จากเรื่องการคำนวณพื้นที่ ปริมาตร การวัด ซึ่งอาจเป็นในรูปแบบการสัมภาษณ์จากความเข้าใจก็ได้
  - วิชาวิทยาศาสตร์ สามารถวัดได้จากเรื่อง การเคลื่อนที่ ความเร็ว ความเร่ง การกระจัด

ภาพ 9 การนำเสนอผลงาน

ชิ้นงานอาจได้จากการทำโครงงานก็ได้ ซึ่งในช่วงท้ายของเทอมอาจมีเวลาเหลือให้ผู้เรียนได้ทำโครงงาน ดังนั้น แต่ละวิชาที่เข้าร่วมในการจัดการเรียนการสอนแบบปรากฏการณ์เป็นฐานการเรียนรู้ สามารถเก็บคะแนนจากชิ้นงาน การสอบปากเปล่า รูปแบบการนำเสนอ

ปรากฏการณ์เป็นฐานการเรียนรู้ (Phenomenon - Based Learning) จึงเป็นอีกหนึ่งแนวทางในการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ คิดแก้ปัญหา เอื้ออำนวยให้ผู้เรียนสามารถสร้างสรรค์นวัตกรรมได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งประเทศฟินแลนด์นำมาใช้และประสบความสำเร็จมาโดยตลอด

บรรณานุกรม

Silander, P. (2015a). Digital Pedagogy. *How to create the school of the future: Revolutionary thinking and design from Finland*.Oulu: University of Oulu, Center for Internet Excellence.

Silander, P. (2015b). Phenomenon Based Learning. Retrieved May 22, 2017, from http://www.phenomenoleducation.info/phenomenon-based-learning.html.

พงศธร มหาวิจิตร. (2560). นวัตกรรมการเรียนรู้จากฟินแลนด์. *นิตยสาร สสวท. 46*(209), 40-45.

ศ.ดร.สุทัศน์ ยกส้าน • ราชบัณฑิต วิทยาศาสตร์สาขาฟิสิกส์ และดาราศาสตร์ • e-mail: suthat@swu.ac.th

จระเข้กลายเพศ เมื่อได้รับฮอร์โมน MT จริงหรือ ?

ภาพ 1 จระเข้
ที่มา https://en.wikipedia.org/wiki/Crocodile

เมื่อต้องการจะรู้เพศของจระเข้ว่าเป็นเพศผู้หรือเพศเมีย การสังเกตลักษณะภายนอกไม่สามารถช่วยอะไรได้มาก นักชีววิทยามีวิธีการเดียวเท่านั้นที่จะตัดสินได้ว่าจระเข้ที่เห็นนั้นเป็นเพศผู้หรือเพศเมีย โดยการจับตัวแล้วเอานิ้วแหย่เข้าไปในช่อง Cloaca ซึ่งอยู่ที่ฐานของหาง ถ้าพบว่ามีติ่ง นั่นแสดงว่ามันเป็นเพศผู้ แต่ถ้าพบความว่างเปล่า มันเป็นเพศเมีย ดังนั้น การจะรู้เรื่องเพศของจระเข้ จึงจำเป็นต้องใช้คนหลายคน ช่วยกันใช้บ่วงเชือกมัดปากมันให้แน่น จับตัว แล้วปิดตา จากนั้นจึงยกตัวขึ้นตรวจภายใน

ในปี ค.ศ. 2012 Chris Murray แห่งมหาวิทยาลัย Auburn และ Michael Easter ได้เดินทางไปสำรวจเพศของจระเข้สายพันธุ์ Crocodylus Acutus ที่แม่น้ำ Tascoles ของประเทศ Costa Rica ในทวีปอเมริกากลาง ซึ่งตามหลักพันธุศาสตร์ อัตราส่วนระหว่างจำนวนเพศผู้ต่อเพศเมียควรจะเท่ากับ 1 : 1 หรือใกล้เคียง แต่กลับพบว่าจากจระเข้ 474 ตัวที่จับได้ในบริเวณที่แตกต่างกัน 7 แห่ง อัตราส่วนระหว่างเพศผู้ต่อเพศเมีย มีค่าประมาณ 3.5 : 1 และเมื่อนำเลือดและเนื้อเยื่อของจระเข้ดังกล่าวมาวิเคราะห์ พบว่ามีสารสเตียรอยด์สังเคราะห์ในปริมาณค่อนข้างมากผิดปกติ โดยเฉพาะฮอร์โมน 17α-methyltestosterone (MT) ซึ่งเป็นสารที่นักเพาะกายนิยมบริโภค และแพทย์นิยมฉีดให้สตรีสูงวัยที่เป็นมะเร็งทรวงอก

นักวิจัยทั้งสองมีข้อสงสัยว่า MT ไปอยู่ในจระเข้ได้อย่างไร และตั้งประเด็นว่า MT คงมีส่วนทำให้เกิดเหตุการณ์ความไม่สมดุลทางเพศ การค้นหาสาเหตุของเรื่องนี้ จึงเป็นเรื่องที่สำคัญและจำเป็น เพราะการมีจระเข้เพศผู้มากเกินไปอาจทำให้จระเข้สูญพันธุ์ได้ และการที่จระเข้มีฮอร์โมนชนิดนี้ในในปริมาณมาก อาจทำให้มันมีนิสัยก้าวร้าว ชอบต่อสู้ และทำร้ายชาวบ้านที่อาศัยอยู่ในบริเวณข้างเคียงได้ นอกจากนี้ในบริเวณรอบแม่น้ำ Tascoles มีการเลี้ยงปลา Tilapia โดยใช้อาหารที่ผสมสาร MT จึงอาจส่งผลต่อเพศของปลาในลักษณะเดียวกันกับจระเข้ก็ได้

นับเป็นเวลานานกว่า 20 ปีแล้ว ที่นักชีววิทยาสนใจศึกษาผลกระทบของฮอร์โมนต่อระบบการทำงานของต่อมไร้ท่อในสัตว์สกุล Crocodilus เช่น จระเข้ และ Alligator เพราะมีการพบว่า Alligator ที่อาศัยอยู่ในทะเลสาบ Apopka ในรัฐ Florida ของอเมริกา หลังจากที่บริโภค Trenbolone Acetate ซึ่งเป็นสารเคมีที่ออกฤทธิ์คล้ายฮอร์โมน สามารถทำให้อวัยวะเพศและขนาด ได้ลดปริมาณฮอร์โมนเพศชายได้ แม้สารนี้จะมีประโยชน์ในการเร่งการเจริญเติบโตของสัตว์ เช่น วัว ควาย แต่สารที่สัตว์ขับออกมาทางของเสียสามารถแปลงเพศของปลา Zebrafish จากเพศเมียให้เป็นเพศผู้ได้

ภาพ 2 ซากฟอสซิลของจระเข้ที่ทะเลทราย Gadoufaoua ในประเทศ Niger
ที่มา https://paulsereno.uchicago.edu/exhibits_casts/african_crocs/sarcosuchus/

จระเข้เป็นสัตว์เลื้อยคลานที่ใหญ่ที่สุดในโลก ในปี ค.ศ. 2000 Paul Serano ได้ขุดพบซากฟอสซิลของจระเข้ที่ทะเลทราย Gadoufaoua ในประเทศ Niger ซากที่พบมีอายุ 110 ล้านปี ซึ่งอยู่ในยุค Cretaceous มีความยาว 13 เมตร และหนัก 10 ตัน

ข้อสังเกตหนึ่งเกี่ยวกับเพศของจระเข้ คือ อุณหภูมิของไข่เป็นตัวกำหนดเพศของจระเข้ ที่สวนสาธารณะ Palo Verde ซึ่งอยู่ใกล้แม่น้ำ Tarcoles คณะนักวิจัยภายใต้การนำของ Murray ในปี ค.ศ. 2015 ได้พบว่า ตลอดเวลา 20 ปีที่ผ่านมา อุณหภูมิโดยเฉลี่ยของสถานที่นั้นเพิ่มขึ้นถึง 2.5 องศาเซลเซียส เพื่อเป็นการยืนยัน Murray ได้นำอุปกรณ์บันทึกอุณหภูมิไปวางในรังของจระเข้ 25 รัง เพื่อทดสอบว่า อุณหภูมิสูงคือสาเหตุที่ทำให้จระเข้เพศเมียถือกำเนิดมากกว่าเพศผู้เป็นจริงหรือไม่ และหวังว่าหลังการฟัก จำนวนเพศเมีย : เพศผู้น่าจะมีค่ามากเป็น 2 : 1 แต่กลับพบว่าปัจจัยที่ทำให้อัตราส่วนเพศผู้ : เพศเมีย มีค่าเป็น 3.5 : 1 ไม่ได้มาจากอุณหภูมิแวดล้อม เขาจึงต้องหาสาเหตุเพิ่มเติม และพบว่าในบริเวณโดยรอบสวนสาธารณะนั้นมีฟาร์มเลี้ยงปลา Tilapia หลายฟาร์ม และชาวประมงนิยมใช้ MT เป็นอาหารเสริม จึงตั้งข้อสันนิษฐานว่า MT น่าจะมีอิทธิพลในการแปลงเพศของจระเข้

ในการทดสอบสมมติฐานนี้ คณะนักวิจัยได้ใช้สัตว์ทดลองคือ Alligator (*Alligator Mississippiensis*) ซึ่งเป็นสัตว์ในสกุลเดียวกันกับจระเข้ แล้วเตรียมฮอร์โมนที่มีความเข้มข้นต่างกัน 3 ระดับ เพื่อใช้กับไข่ของ Alligator จากนั้นฟักไข่ที่อุณหภูมิสูง ซึ่งน่าจะให้เพศเมียทั้งหมด แต่กลับพบว่า 60% ของไข่ที่มี MT ในปริมาณมากกลับให้เพศผู้ นั่นแสดงว่า MT มีผลในการเกิดเป็นเพศผู้ในสัตว์สกุล Crocodilian

เมื่อเดือนเมษายน ปี ค.ศ. 2018 ทีมวิจัยได้พบสาร MT ในเลือด และในไข่แดงของจระเข้ที่ Palo Verde แสดงว่าจระเข้เหล่านี้ยังได้รับฮอร์โมน MT

สำหรับปริศนาที่มาของฮอร์โมน MT ที่พบในจระเข้นั้นยังไม่มีคำตอบชัดเจน เพราะ MT ไม่สามารถเกิดได้เองตามธรรมชาติ Murray เสนอว่าฟาร์มปลาเป็นแหล่งกำเนิดของ MT ในสิ่งแวดล้อม และอาจเป็นไปได้ว่าปลาหลุดออกจากฟาร์มแล้วถูกจระเข้กิน ทำให้ MT เข้าสู่ตัวจระเข้ ซึ่งจะเก็บสารนี้ในลักษณะของไขมัน เมื่อตัวเมียวางไข่ ฮอร์โมน MT ก็จะถูกส่งต่อไปยังตัวอ่อน

คณะนักวิจัยได้ศึกษาหาแหล่งอื่นที่จะอาจเป็นแหล่งที่มาของ MT ในสิ่งแวดล้อม จึงขยายขอบเขตการตรวจสอบหา MT ในบริเวณที่อยู่ห่างไกลจากสวนสาธารณะออกไป

ภาพ 3 American Alligator (*Alligator mississippiensis*)
ที่มา https://www.inaturalist.org/taxa/26159-Alligator-mississippiensis

อีก 100 กิโลเมตร และไปสำรวจที่ส่วนอื่นของแม่น้ำ Tárcoles ซึ่งอาจมีจระเข้ที่มี MT ปนเปื้อนจากสวน Palo Verde อพยพไปตามแม่น้ำ Tárcoles โดย Murray กล่าวว่า MT อาจเข้าสู่สิ่งแวดล้อมจากน้ำเสียของเมืองต้นน้ำ San Jose เพราะผู้คนที่นั่นนิยมบริโภค MT และอาจขับมันออกมาในระบบบำบัดน้ำเสียของเมือง

ถ้าฟาร์มปลาคือแหล่งผลิต MT เพียงแห่งเดียว การแก้ปัญหานี้ก็ไม่ยาก แต่ถ้า MT มาจากสิ่งแวดล้อม ผง MT ที่ละเอียดอาจตกตะกอนที่ท้องน้ำ และถูกพัดพาไปที่อื่นๆ แล้วถูกจระเข้หรือสัตว์อื่นกิน ปัญหาที่จะแก้ก็จะยากขึ้น

แต่สำหรับข้อสันนิษฐานที่ว่า MT คือสาเหตุที่ทำให้จระเข้กลายเพศเป็นเพศผู้ มีนักชีววิทยาหลายคนไม่เห็นด้วย เพราะคิดว่า MT คงมิใช่สาเหตุเดียว

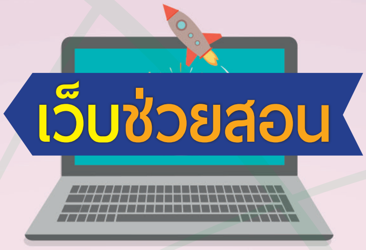
ในขณะที่ยังไม่มีการสรุป นักชีววิทยาได้สนใจต่อในประเด็นที่ว่า จระเข้ตัวผู้ที่มี MT มากเป็นจระเข้ที่สมบูรณ์แบบหรือไม่ ซึ่งการมีตัวผู้จำนวนมากเกินไม่ได้เป็นอันตรายต่อชาวบ้าน แต่ทำให้การสืบพันธุ์มีปัญหา นอกจากนี้นักชีววิทยาก็ยังสนใจว่า MT ที่ตัวผู้มีนั้น ทำให้มันเป็นสัตว์ที่มีพฤติกรรมก้าวร้าวผิดปกติหรือไม่ และ MT สามารถทำให้มันเป็นหมันหรือไม่

การวิจัยในอนาคต กำลังมุ่งเป้าตอบคำถามที่ว่า MT มีอิทธิพลต่อจระเข้อย่างไร เพราะในอินโดนีเซียและแอฟริกาใต้ก็มีการเลี้ยงปลา Tilapia มาก ดังนั้นการตอบคำถามเหล่านี้ให้ชัดเจน นักชีววิทยาคงต้องจับจระเข้มาดูเพศอีกหลายตัว

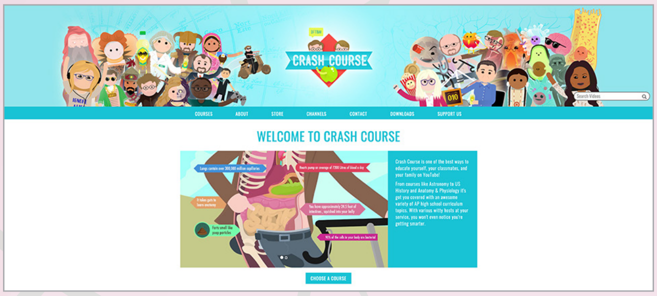
บรรณานุกรม

Iskandar, D.T. & Bandung, ITB. (2000). *Turtles and Crocodiles of Insular Southeast Asia and New Guinea.*

ดร.เปียทิพย์ พัวพันธ์ • ผู้ชำนาญ ฝ่ายนวัตกรรมเพื่อการเรียนรู้ สสวท. • e-mail: pphua@ipst.ac.th

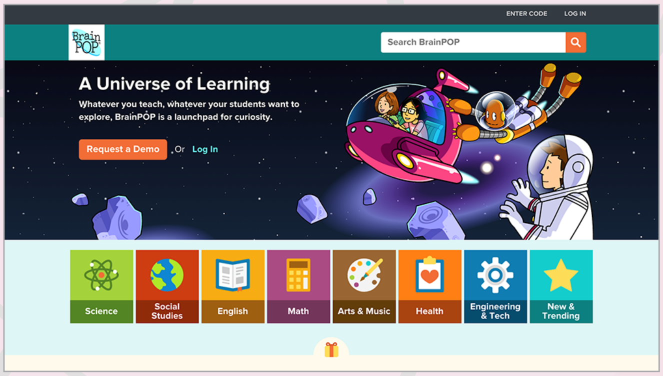


https://thecrashcourse.com



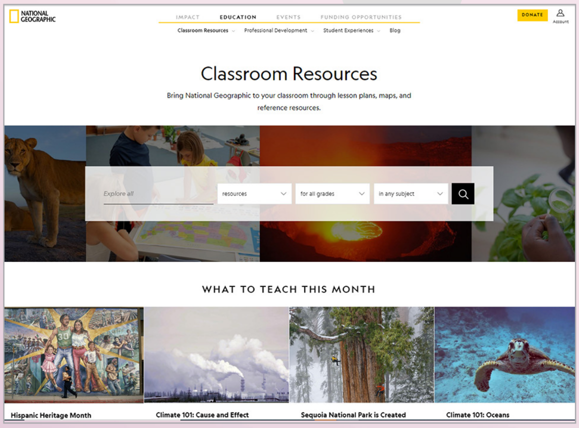
เป็นเว็บไซต์ที่จัดทำสื่อวีดิทัศน์ส่งเสริมการเรียนรู้เนื้อหาวิชาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี ประวัติศาสตร์ สังคมศาสตร์ เศรษฐศาสตร์ ทั้งระดับมัธยมศึกษาและระดับอุดมศึกษา นอกจากนี้ ยังได้จัดทำช่อง YouTube อีก 2 ช่อง คือ Crash Course และ Crash Course Kids ให้ครู นักเรียน และผู้สนใจสามารถเข้าติดตามหาความรู้ได้อย่างต่อเนื่อง หรือเลือกดาวน์โหลดไฟล์วีดิทัศน์ดังกล่าวไปใช้แบบออฟไลน์ได้อีกด้วย

https://www.brainpop.com



BrainPop เป็นหน่วยงานที่ให้บริการความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ รวมถึงเนื้อหาเกี่ยวกับวิศวกรรม ภาษา และสุขภาพ โดยจัดทำเป็นวีดิทัศน์ประกอบคำถาม เกม และมีใบกิจกรรมที่สามารถพิมพ์ข้อความ และสั่งพิมพ์เป็นเอกสารได้ ช่วยในการจัดกิจกรรมในห้องเรียนของครู หรือผู้เรียนนำไปทดสอบความรู้ได้ด้วยตนเอง ซึ่งการให้บริการในเว็บไซต์นี้มีทั้งแบบฟรีและเสียค่าใช้จ่าย

https://www.nationalgeographic.org/education/classroom-resources/

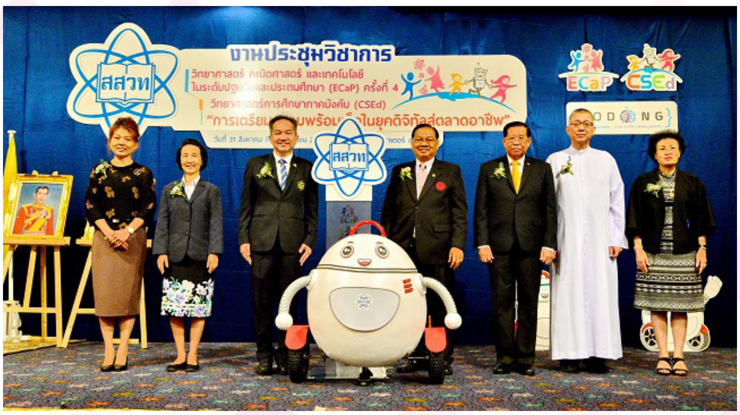


National Geographic เป็นที่รู้จักกันดีในวงการนักถ่ายภาพ แต่อีกสิ่งหนึ่งที่หน่วยงานนี้ได้ทำขึ้นมาเพื่อสนับสนุนการศึกษา คือ สื่อการเรียนการสอนในระดับชั้นอนุบาลจนถึงระดับอุดมศึกษา ได้แก่ สื่อกิจกรรม บทความ อินโฟกราฟิก แผนที่ ภาพถ่าย และวีดิทัศน์ ในเว็บไซต์มีการจัดหมวดหมู่สื่อที่จะช่วยให้ครูสามารถค้นหาสื่อได้สะดวกและตรงความต้องการ โดยสามารถเลือกค้นหาตามประเภทสื่อ (Resources) ระดับชั้น (Grade) และวิชา (Subjects)

สสวท. ขอแสดงความยินดี

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ขอแสดงความยินดีในโอกาสที่ **ศาสตราจารย์ ดร.ประสาท สืบค้า** ประธานกรรมการ สสวท. ได้รับรางวัลบุคคลดีเด่น ประจำปี 2562 สาขาบำเพ็ญประโยชน์และจิตอาสา จากมหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม และ **ศาสตราจารย์ ดร.ชูกิจ ลิมปิจำนงค์** ผู้อำนวยการ สสวท. ได้รับรางวัลนักเรียนทุนรัฐบาลไทยดีเด่น ภาควิชาการ จากสมาคมนักเรียนทุนรัฐบาลไทย ประจำปี พ.ศ. 2562

สสวท. จัดประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ในระดับปฐมวัยและประถมศึกษา (ECaP) ครั้งที่ 4 และงานประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์การศึกษาภาคบังคับ (CSEd)



ศาสตราจารย์ ดร.ประสาท สืบค้า ประธานกรรมการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) เป็นประธานเปิดงานประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ในระดับปฐมวัยและประถมศึกษา (ECaP) ครั้งที่ 4 และงานประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์การศึกษาภาคบังคับ (CSEd) หัวข้อ "การเตรียมความพร้อมเด็กในยุคดิจิทัลสู่ตลาดอาชีพ" ระหว่างวันที่ 31 สิงหาคม – 1 กันยายน พ.ศ. 2562 ณ โรงแรมแอมบาสซาเดอร์ สุขุมวิท 11 กรุงเทพฯ โดยมี **ศาสตราจารย์ ดร.ชูกิจ ลิมปิจำนงค์** ผู้อำนวยการ สสวท. และคณะผู้บริหารเข้าร่วมงาน งานนี้จัดขึ้นเพื่อให้ครู บุคลากรทางการศึกษา นักวิชาการและผู้สนใจ ได้แลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์เกี่ยวกับการส่งเสริมพัฒนาการและความพร้อมของเด็กอนุบาล ประถมศึกษาและมัธยมศึกษาตอนต้น ด้านความรู้และทักษะที่จำเป็นในยุคดิจิทัล

นายกรัฐมนตรีให้โอวาท ชื่นชมและแสดงความยินดีกับคณะผู้แทนประเทศไทยที่ไปแข่งขันโอลิมปิกวิชาการ ประจำปี 2562

พลเอกประยุทธ์ จันทร์โอชา นายกรัฐมนตรี ให้โอวาท ชื่นชมและแสดงความยินดีกับคณะผู้แทนประเทศไทยที่ไปแข่งขันคณิตศาสตร์ คอมพิวเตอร์ เคมี ชีววิทยาและฟิสิกส์โอลิมปิกระหว่างประเทศ ประจำปี พ.ศ. 2562 ณ ห้องสีม่วง ตึกไทยคู่ฟ้า ทำเนียบรัฐบาล เมื่อวันที่ 16 สิงหาคม พ.ศ. 2562 โดยมี **นายณัฏฐพล ทีปสุวรรณ** รัฐมนตรีว่าการกระทรวงศึกษาธิการ **ศาสตราจารย์ ดร.ชูกิจ ลิมปิจำนงค์** ผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) พร้อมด้วยคณะผู้บริหาร บุคลากร สสวท. และคณะอาจารย์ นำคณะผู้แทนประเทศไทยเข้าคารวะและรับโอวาท พร้อมทั้งรายงานสรุปผลการแข่งขันปีนี้ ซึ่งคณะผู้แทนประเทศไทยสามารถคว้ารางวัล 6 เหรียญทอง 12 เหรียญเงิน และ 4 เหรียญทองแดง จากการแข่งขันโอลิมปิกวิชาการ ประจำปี 2562

"Coding" สร้างคนสู่ศตวรรษที่ 21

ข้อมูลเพิ่มเติม

bit.ly/220-v3

ดร.คุณหญิงกัลยา โสภณพนิช รัฐมนตรีช่วยว่าการกระทรวงศึกษาธิการ แถลงนโยบายด้านการศึกษาเพื่อพัฒนาคนสู่ศตวรรษที่ 21 หนุนเด็กไทยได้เรียน Coding ภาษาคอมพิวเตอร์ พัฒนาหลักสูตรรองรับโลกยุคดิจิทัล พร้อมด้วย **ศาสตราจารย์ ดร.ชูกิจ ลิมปิจำนงค์** ผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ณ ห้อง TCDC COMMONS โครงการ W DISTRICT เขตพระโขนง กรุงเทพมหานคร เมื่อวันศุกร์ที่ 9 สิงหาคม พ.ศ. 2562

สสวท. จัดนิทรรศการและกิจกรรมในงานมหกรรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ประจำปี 2562

ศาสตราจารย์ ดร.ชูกิจ ลิมปิจำนงค์ ผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) แจ้งว่า สสวท. ได้นำนิทรรศการและกิจกรรมภายใต้แนวคิด“สนุกกับวิทยาการคำนวณเพื่อการเรียนรู้ในยุค 4.0” ไปร่วมจัดให้เยาวชนได้เพิ่มทักษะและประสบการณ์ ภายในงานมหกรรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ประจำปี 2562 ณ ศูนย์แสดงสินค้าและการประชุมอิมแพ็ค เมืองทองธานี ระหว่างวันที่ 16 - 25 สิงหาคม พ.ศ. 2562 นอกจากนี้ ยังได้จัดกิจกรรมการปฏิบัติการทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อให้นักเรียนได้ปฏิบัติจริงและเกิดการเรียนรู้

ข้อมูลเพิ่มเติม

bit.ly/220-v4

สวัสดี ผู้อ่านทุก ๆ คน เผลอประเดี๋ยวเดียว วันหยุดปิดเทอมก็หมดลงแล้ว ในเดือนนี้ต่ายมีข่าวดี ๆ มาย้ำกับผู้อ่านก็คือ มีสิ่งที่แสดงให้เห็นว่า ผู้กำหนดนโยบายในการบริหารประเทศและนักธุรกิจ ได้มองเห็นความสำคัญของสุขภาพและสิ่งแวดล้อมคนไทยทั้งประเทศไทยแล้ว โดยตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2563 นี้ ห้างสรรพสินค้าและร้านสะดวกซื้อจะยกเลิกการแจกถุงพลาสติกให้กับลูกค้าแล้ว และรัฐบาลตั้งเป้าหมายไว้ว่า ในวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2564 จะยกเลิกการแจกถุงพลาสติกในตลาดสดด้วย โดยจะใช้ทั้งการรณรงค์ขอความร่วมมือและออกกฎหมายมาบังคับใช้ แม้ว่าสิ่งนี้จะเริ่มต้นช้ากว่า 127 ประเทศที่ได้ทำการประกาศห้ามใช้ไปแล้ว

และอีกข่าวก็คือ ข่าวการประกาศจากคณะกรรมการวัตถุอันตรายที่มีมติยกเลิกการใช้สารเคมีทางการเกษตร 3 ชนิด คือ พาราควอต คลอไพริฟอส และไกลโฟเซต ซึ่งจะมีผลบังคับใช้ 1 ธันวาคม พ.ศ. 2562 นี้ แต่เรื่องนี้ยังคงไม่จบเพราะว่ามีตัวแทนจากกลุ่มเกษตรกรผู้สนับสนุนการใช้สารเคมีทั้ง 3 ชนิดนี้ จะยื่นคำร้องขอต่อศาลปกครองเพื่อขอให้ศาลถอดถอนมติการยกเลิกการใช้สารเคมีทั้ง 3 ชนิด ต่ายและคุณ ๆ คงต้องนั่งรอลุ้นกันต่อว่า นโยบายนี้สุดท้ายจะมองเรื่องผลประโยชน์ของกลุ่มเกษตรกรผู้สนับสนุนการใช้สารเคมีทั้ง 3 ชนิด กับผลประโยชน์ทางด้านความปลอดภัยของอาหารของคนไทยทั้งประเทศที่มีโอกาสเสี่ยงต่อการได้รับสารพิษตกค้างจากการใช้สารเคมีทั้ง 3 ชนิดนี้ในภาคการเกษตร

ย้อนกลับมาเรื่องพลาสติก แม้ว่าในส่วนของการกำหนดนโยบายได้ตระหนักและลงมือปฏิบัติแล้ว ในส่วนของภาคประชาชนก็คงต้องช่วยกันอีกแรง คือ การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในการบริโภค ความพยายามในการลดการใช้ถุงพลาสติกเท่าที่ทำได้ เนื่องจากพลาสติกที่อ้างว่าถูกนำไปรีไซเคิลนั้น ในทางปฏิบัติทำได้น้อยกว่า 50% ของขยะพลาสติกทั่วโลก และในอีกหลายที่ยังคงกำจัดขยะพลาสติกด้วยการเผา ซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพตนเองและสิ่งแวดล้อม ต่ายเชื่อว่าถ้าทุก ๆ คนช่วยกันคนละนิด อย่างน้อยใน 1 วัน คนไทยทั้งประเทศน่าจะลดการใช้ถุงพลาสติก แก้วน้ำพลาสติก และหลอด ลงได้อย่างน้อย 60 ล้านชิ้นต่อวัน ดังนั้นขยะพลาสติกยังคงจะเป็นปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ รวมทั้งมนุษย์ด้วยไปอีกนาน

ผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ยังเป็นปัญหา ที่หลายคนมองข้ามก็คือ หลอดพลาสติก เพราะเป็นพลาสติกที่ไม่มีการนำกลับมารีไซเคิลใหม่ เนื่องจาก ในวงจรการรีไซเคิลจะต้องอาศัยการเก็บขยะพลาสติกไปทำความสะอาด ทำให้แห้ง และนำมาชั่งน้ำหนักขายอีกครั้ง หลอดพลาสติกเป็นอุปสรรคต่อการทำงานในขั้นตอนดังกล่าว เพราะว่ารูปทรงของมันเองทำให้เกิดความยุ่งยากในการล้างทำความสะอาดและน้ำหนักอันเบาหวิว ทำให้ไม่มีแรงจูงใจในการเก็บนำมาชั่งน้ำหนักขาย

เป็นที่น่าดีใจของชาวไต้หวัน ที่ประเทศไต้หวันได้มีแผนในการกำหนดนโยบายในการห้ามการใช้หลอดพลาสติก คุณรู้ไหม พอรัฐบาลประกาศโครมออกมาเท่านั้นแหล่ะ KFC กับ McDonald ในไต้หวันได้ยกเลิกการใช้หลอดพลาสติกแล้ว ในขณะที่มาเลเซียได้ออกมาประกาศว่าจะเลิกใช้หลอดพลาสติกด้วย และ ณ วันที่ต่ายเขียนบทความฉบับนี้ ทั้งสองร้านได้ยกเลิกการใช้หลอดพลาสติกไปแล้ว แต่ให้ลูกค้าใช้วิธีดื่มน้ำจากฝาปิดที่มีรูเปิดเอาไว้ทางด้านข้างแทน (จากเดิมที่ฝาปิดจะมีรูเปิดตรงกลางเพื่อใส่หลอด) ต่ายได้ลองไปใช้บริการทั้งสองร้านนี้มาแล้ว ไม่พบว่าจะมีอุปสรรคใด ๆ ต่อการดื่มน้ำเลย นอกจากนี้ ยังมีสัญญาณบวกที่พบได้ในร้านกาแฟอีกหลายร้านในเมืองไทเป ที่เปลี่ยนจากการใช้พลอดพลาสติกมาเป็นหลอดกระดาษ หรือหลอดที่ทำจากวัสดุทางธรรมชาติอื่น ๆ ต่ายได้ทดสอบโดยการใส่หลอดกังกล่าวแช่ทิ้งไว้ในแก้วกาแฟและนั่งอ่านหนังสือ พบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 30 นาที หลอดกาแฟกระดาษยังคงใช้งานได้ดีและไม่มีการยุ่ยหรือย้วยแต่อย่างใด ต่ายหวังว่าผู้ผลิตหลอดพลาสติกในประเทศไทยจะหันมาสนใจผลิตหลอดแบบกระดาษ หรือจากวัสดุทางธรรมชาติอื่น ๆ เพิ่มขึ้นในเร็ววันนี้

ภาพ หลอดที่ทำจากอ้อยที่คิดและผลิตจากกลุ่มธุรกิจ Startup ชาวไต้หวัน และจดสิทธิบัตรเรียบร้อย โดยเริ่มส่งขายไปยังประเทศต่าง ๆ แล้ว

ที่มา https://www.taiwannews.com.tw/en/news/3575292

คำถามฉบับที่ 218

ที่ต่ายถามคุณ ๆ ไปว่า ผู้คนในทวีปใดที่ให้ความสำคัญกับปัญหาขยะพลาสติก และมีจำนวนประเทศที่ออกกฎหมายห้ามการใช้พลาสติกในประเทศอย่างเด็ดขาดจำนวนมากที่สุด คำตอบก็คือ ทวีปแอฟริกาจ้า มีประเทศ Tanzania, Rwanda, Kenya, Mali, Cameroon, Uganda, Ethiopia, Malawi, Morocco, South Africa, Botswana และฉบับนี้ก็ไม่มีผู้ที่ตอบถูกอีกเช่นเคย ไม่เป็นไร ต่ายเชื่อว่าฉบับหน้าต้องมีคนเก่ง ๆ เข้ามาร่วมสนุกกับต่ายอย่างแน่นอน

คำถามฉบับที่ 220

จากเรื่องที่เล่ามาเกี่ยวกับนโยบายการประกาศเลิกใช้พลาสติกแบบถุงหิ้วในห้างสรรพสินค้า และร้านสะดวกซื้อหลายแบรนด์ คุณคิดว่า คุณจะมีส่วนร่วมในการลดการสร้างขยะพลาสติกได้อย่างไรบ้าง และใน 1 ปี คุณจะช่วยลดการสร้างขยะได้กี่ชิ้น เมื่อหาคำตอบได้แล้ว ก็ส่ง Email มาแชร์ให้ต่ายได้อ่านและนำมาเผยแพร่แนวคิดที่เจ๋ง ๆ และเป็นไปได้ ที่ funny_rabbit@live.co.uk ภายในวันที่ 3 มกราคม พ.ศ. 2563 โดยต้องใส่ที่อยู่ที่จะให้จัดส่งของรางวัลของคุณมาให้เรียบร้อย และเช่นเดิม ถ้าคุณอยากให้ต่ายส่งสื่อเล็ก ๆ น้อย ๆ จาก สสวท. ไปให้โรงเรียน (นอกเหนือจากของรางวัลที่คุณจะได้รับ) ช่วยเขียนชื่อโรงเรียนที่ต้องการให้ต่ายส่งของไปให้มาด้วย เพื่อที่โรงเรียนจะได้นำไปใช้ในการเรียนการสอน สำหรับเฉลยอ่านได้ในอีก 2 ฉบับหน้า คือฉบับที่ 222 จ้า

ใบสมัครสมาชิก นิตยสาร สสวท.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) โทรศัพท์ 0-2392-4021 ต่อ 3307 โทรสาร 0-2382-3246

○ สมาชิกใหม่

○ นาย ○ นาง ○ นางสาว ○ เด็กชาย ○ เด็กหญิง ○ อื่นๆ.............

ชื่อ-สกุล : ....

สถานที่ทำงาน/สถาบัน : ....

สถานะ : .... ครู / นักเรียน / นักศึกษา / บุคคลทั่วไป / อื่นๆ ....

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. หมายเลขโทรสาร 0-2382-3246

1. ใบสมัครสมาชิก
2. สำเนาการชำระเงิน

แบบฟอร์มการชำระเงินค่านิตยสาร สสวท.

ส่วนนี้สำหรับธนาคาร

COMPANY CODE = 90007

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

ชำระเงินที่ ( ) ธนาคารกรุงไทย สาขา ....

ชื่อผู้นำฝาก .... โทรศัพท์ ....

ลายมือชื่อเจ้าหน้าที่ของธนาคาร .... วันที่รับเงิน ....

หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐาน
และรายวิชาเพิ่มเติม
ระดับมัธยมศึกษา

หนังสือเรียนแนวคิดใหม่ สสวท.

จากการปรับปรุงมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด
กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์
(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

คู่มือครู

- แนะนำกิจกรรมการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงกับตัวชี้วัด
- มีขั้นตอนการเตรียมตัวของผู้สอน
- มีข้อเสนอแนะสำหรับการเรียนการสอนเพื่อให้บรรลุเป้าหมายของหนังสือเรียน
- มีเครื่องมือประเมินการเรียนรู้ระหว่างเรียน
- มีเฉลยแบบฝึกหัดและแนวคิดสำหรับข้อที่มีความยาก
- มีสื่อเพิ่มเติมที่ครูสามารถนำไปใช้ประกอบการจัดการเรียนรู้ได้

QR CODE

เชื่อมกับสื่อวีดิทัศน์ และสื่อดิจิทัลต่าง ๆ เพื่อช่วยให้เข้าใจง่าย และเชื่อมโยงไปยังข้อมูลที่ถูกต้องและน่าเชื่อถือบนระบบ Learning Space ของ สสวท.

จุดเด่น

- เน้นการนำความรู้ไปแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับชีวิตจริง
- เน้นให้ผู้เรียนได้สำรวจ สืบเสาะ เพื่อสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตัวเอง
- เน้นให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหา ไม่ใช่เพียงสรุปสูตรหรือท่องจำ
- แบบฝึกหัดและเกร็ดความรู้เชื่อมโยงกับศาสตร์อื่น ๆ

ติดต่อสั่งซื้อได้ที่

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)
924 ถนนสุขุมวิท แขวงพระโขนง เขตคลองเตย กรุงเทพฯ 10110

ฝ่ายบริการและบริหารทรัพย์สิน (สสวท.)
โทรศัพท์ 02 392 4021 ต่อ 3102 3106
Facebook สำนักบริการวิชาการและบริหารทรัพย์สิน
bookstore.ipst.ac.th

ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
โทรศัพท์ 02 255 4433, 08 6323 3704
www.chulabook.com