



Numbers in the Human Body คณิตศาสตร์ที่ซ่อนอยู่ในร่างกายมนุษย์

- การศึกษา STEM กับความท้าทายของโลก BANI
- การแสดงทางวิทยาศาสตร์ (Science Show) เมื่อการเรียนรู้กลายเป็นเวทีแสดงไอเดีย
- แนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ผ่านกระบวนการเรียนรู้แบบ Claim Evidence Reasoning (C.E.R.)
- ปวิฤฤฤแห่งการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศไทย (2568-2569) รู้ทัน ปรับตัว รับมือได้



ISSN 0857-2801



0 09 77085 72803 0



แบบฝึกหัดส่งเสริมกระบวนการคิด

คณิตศาสตร์

ป.4-6

แบบฝึกหัด 3 ระดับ

Level 1

Level 2

Level 3



เสริมพลังสมอง

ด้วยแบบฝึกหัดคณิตศาสตร์ที่ไต่ระดับอย่างเป็นระบบ
ออกแบบเพื่อนักเรียนระดับประถมศึกษาทุกความสามารถ จากระดับพื้นฐาน
สู่ระดับก้าวหน้าอย่างมั่นใจ

เสริมสร้างกระบวนการคิด
การให้เหตุผล และการแก้ปัญหา
อย่างสร้างสรรค์ เพื่อให้นักเรียน

ก้าวข้ามการท่องจำ
สู่การคิดอย่างนักคณิตศาสตร์



• แบบฝึกหัด



• เฉลย / ตัวอย่างคำตอบ

Download
e-BOOK



ช่องทางสั่งซื้อ



โลกของเรา กำลังเผชิญกับวิกฤตภูมิอากาศ ที่ทุกภาคส่วนต้องตื่นตัว เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางภูมิอากาศอย่างต่อเนื่อง ตัวอย่างที่เพิ่งเกิดขึ้นเร็วๆ นี้คือ มหาอุทกภัยภาคใต้ ปี 2568 เป็นสิ่งที่น่าตกใจและไม่คาดคิดว่าจะเป็นหายนะของหลายพื้นที่ในภาคใต้ โดยเฉพาะอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา มีทั้งผู้เสียชีวิต ทรัพย์สินเสียหายจมน้ำ มวลน้ำไหลหลากจากพื้นที่ต้นน้ำลงมาถึงกลางเมืองในเวลารวดเร็ว

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศฯ กระทรวงมหาดไทย จากสภาพอากาศสุดขั้ว และข้อจำกัดเชิงโครงสร้าง อุทกภัยครั้งใหญ่ไม่ใช่น้ำท่วมตามฤดูกาลแต่เป็นวิกฤตที่สะท้อนความซับซ้อนของปัญหาจากปรากฏการณ์สภาพอากาศสุดขั้วและความเปราะบางเชิงโครงสร้างของกลุ่มน้ำคลองอุต๊ะเขา ปริมาณฝนสะสมสูงถึง 630 มม. ใน 3 วัน จัดเป็นปรากฏการณ์ฝนตกหนักในรอบหลายสิบปี และสูงสุดส่งผลให้น้ำหลากท่วมชุมชนมากกว่า 100 แห่ง บ้านเรือน ถนน โครงสร้างพื้นฐานได้รับความเสียหาย เหตุการณ์เกิดรวดเร็วและรุนแรง ลักษณะภูมิประเทศเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้สถานการณ์น้ำท่วมรุนแรงขึ้น น้ำไหลสะสมพื้นที่ด้านล่าง น้ำมาเร็ว ระบายออกช้า ที่สำคัญอีกประการคือ ฝนตกแช่ ต่อเนื่องยาวนาน ไม่มีช่วงให้ระดับน้ำลดลงเลย

ปรากฏการณ์เหล่านี้ไม่ใช่ภาพจากอนาคต แต่มันเกิดขึ้นแล้ว และเกิดขึ้นพร้อมกันทั่วโลก การส่งเสริมความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศให้แก่มหาภาคส่วนเป็นสิ่งจำเป็น โดยเฉพาะในสถานศึกษา จึงต้องสอนให้ผู้เรียนสร้างการใช้ความรู้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ ฝึกให้มีความยืดหยุ่นในการแก้ปัญหา เรียนรู้ที่จะเปลี่ยนแนวทางเมื่อสถานการณ์พลิกผัน สร้างคำตอบที่ช่วยในการแก้ปัญหา เพื่อให้สอดคล้องกับโลกยุคใหม่อย่างแท้จริง นิตยสารฉบับนี้จึงนำเสนอบทความต่างๆ ที่ตอบสนองในเรื่องดังกล่าวมา อาทิ การศึกษา STEMกับความท้าทายของโลก BANI เปิดโลกสารให้ความหวานแทนน้ำตาลด้วยวิทยาศาสตร์บูรณาการ การแสดงทางวิทยาศาสตร์ (Science Show) เมื่อการเรียนรู้กลายเป็นเวทีแสดงไอเดียบอร์ดเกมคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษา Numbers in the Human Body คณิตศาสตร์ที่ซ่อนอยู่ในร่างกายมนุษย์ ปีวิกฤตแห่งการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศไทย (2568 - 2569) รู้ทัน ปรับตัว รับมือได้ แนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ผ่านกระบวนการเรียนรู้แบบ CER รวมทั้งเนื้อหาที่น่าสนใจและมีคุณค่าอีกหลายบทความที่เป็นประโยชน์กับครู นักเรียน นักการศึกษา และบุคคลทั่วไป

นิตยสาร สสวท. ยังคงเปิดโอกาสให้นักวิชาการ ครู อาจารย์ ส่งบทความที่เกี่ยวข้องมานำเสนอเช่นเดิม โดยผู้สนใจสามารถส่งบทความมาได้ที่ e-mail: rmane@ipst.ac.th หรือ rmane2511@gmail.com และสามารถติดตามนิตยสาร สสวท. ฉบับออนไลน์ได้ที่ emagazine.ipst.ac.th และ Facebook <http://facebook.com/ipstmag> หวังว่าทุกท่านยังคงติดตามนิตยสารต่อไป และหากมีข้อเสนอนะใดๆ ก็สื่อสารมาได้ตลอดเวลา

ขจรรัตน์ ปิยกุล

หัวหน้ากองบรรณาธิการ

วัตถุประสงค์

1. เผยแพร่และส่งเสริมความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีให้แก่ครูและผู้อ่านทั่วไป
2. เผยแพร่กิจกรรมและผลงานของ สสวท.
3. เสนอความก้าวหน้าของวิทยาการในด้านการศึกษาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่จะสนับสนุนการศึกษาของชาติให้ทันกับเหตุการณ์ปัจจุบัน
4. แลกเปลี่ยนและรับฟังความเห็นต่างๆ เกี่ยวกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี จากครูและผู้อ่านทั่วไป

เจ้าของ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

924 ถนนสุขุมวิท แขวงพระโขนง เขตคลองเตย กรุงเทพมหานคร 10110 โทรศัพท์: 0-2392-4021 ต่อ 2251

(ข้อเขียนทั้งหมดเป็นความเห็นอิสระของผู้เขียน มิใช่ของ สสวท. หากข้อเขียนใดผู้อ่านเห็นว่ามีการลอกเลียนแบบหรือแอบอ้างโดยปราศจากการอ้างอิง กรุณาแจ้งให้กองบรรณาธิการทราบด้วยจักเป็นพระคุณยิ่ง)



คณะที่ปรึกษา

ประธานกรรมการ สสวท.

ผู้อำนวยการ สสวท.

รองผู้อำนวยการ สสวท.

หัวหน้ากองบรรณาธิการ

ขจรรัตน์ ปิยกุล

กองบรรณาธิการ

ผู้ช่วยผู้อำนวยการ

ผู้อำนวยการสาขา/ฝ่าย

ผู้เชี่ยวชาญพิเศษ/ผู้เชี่ยวชาญ

ดร.ขจิต เมตตาเมธา

จินดาพร หมวกหมื่นไวย

ดร.ดวงมกล เบ้าวัน

ดร.ปัญญา ธนบุญสมบัติ

ดร.ประวีณา ติระ

ดร.ภัทรวดี หาดแก้ว

ดร.รณชัย ปานะโปย

ดร.สนธิ พลชัยยา

ดร.อรสา ชูสกุล

ผู้ช่วยกองบรรณาธิการ

จิรวัดน์ นิยะมะ

จิราภรณ์ เจริญยิ่ง

เทอด พิธิยานุวัฒน์

รัชนิกร มณีโชติรัตน์

สินีนาง จันทะภา

สิริมดี นาคสังข์

สุประดิษฐ์ รุ่งศรี

สารบัญ



5 | การศึกษา STEM กับความท้าทายของโลก BANI
รักษพล ธนาวงศ์

36 | แนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์
ผ่านกระบวนการเรียนรู้แบบ
Claim, Evidence, Reasoning (CER)
ดร.ศานิกานต์ เสนิงค์

10 | ชวนคิด...แซทเกี่ยวกับลักษณะสำคัญ
ของการสอนสะเต็ม
Chitchat about STEM Activity Features
through Implementations
ธาดุสร ประสพลาภ | รศ. ดร.ชาตรี ฝ้ายคำดา

41 | เพราะ “การเล่น” คือ “การเรียนรู้” ของเด็ก ตอนที่ 1
เยี่ยมชมต้นกำเนิดอนุบาลและของเล่น
เพื่อการศึกษา ณ พิพิธภัณฑ์ Friedrich Fröbel
แคทลียา จักจุจันทร์

16 | เปิดโลกสารให้ความหวานแทนน้ำตาล
ด้วยวิทยาศาสตร์บูรณาการ
ณัฐพนธ์ จันทร์กระจำว | ผศ. ดร.ธีรพงศ์ แสงประดิษฐ์

48 | ปีวิกฤตแห่งการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศไทย
(2568–2569) รู้ทัน ปรับตัว รับมือได้
สุวิทย์ มงคลธารณ์

21 | การแสดงทางวิทยาศาสตร์ (Science Show)
เมื่อการเรียนรู้กลายเป็นเวทีแสดงไอเดีย
ทาริกา มีบุตร

55 | เว็บบช่วยสอน
นพพล กาบแก้ว

26 | Numbers in the Human Body
คณิตศาสตร์ที่ซ่อนอยู่ในร่างกายมนุษย์
เทอดศักดิ์ ณ สงขลา

56 | ข้าว

31 | บอร์ดเกมคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษา
ณัตตยา มังคลาลิรี

59 | QUIZ
ต่ายแสนชน



ภาพจาก blog.mercadolibre.com/en/mundo-bani-negocios/

การศึกษา STEM กับความท้าทายของโลก BANI

โลกปัจจุบันไม่ได้เพียงเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว แต่ยังเปราะบาง นำวิกฤตกังวล เชื่อมโยงกันอย่างซับซ้อน และเต็มไปด้วยสิ่งที่ยากจะเข้าใจ หรือเรียกสั้นๆ ว่า โลก BANI (Brittle, Anxious, Non-linear, Incomprehensible) คำถามสำคัญจึงเกิดขึ้นว่า: การศึกษา STEM ควรเดินทางไปทางไหนในโลกเช่นนี้ ประเด็นนี้ถูกหยิบยกขึ้นในงานประชุมวิชาการนานาชาติด้านการศึกษาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ครั้งที่ 11 หรือ 11th International Conference on Science and Mathematics Education (COSMED XI) ที่รัฐปีนัง ประเทศมาเลเซีย ซึ่งจัดขึ้นระหว่างวันที่ 8 – 10 กันยายน พ.ศ. 2568 ภายใต้หัวข้อใหญ่ “สำรวจทิศทางการศึกษา STEM ในโลก BANI” หรือ “Navigating STEM Education in a BANI World” โดยผู้บรรยายสำคัญ (Keynote Speakers) 2 ท่านคือ Ybns. Dr. Rusmini binti Ku Ahmad รองอธิบดีกรมสามัญศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ประเทศมาเลเซีย และ Assoc. Prof. Dr.Kanageswari Suppiah Shanmugam รองศาสตราจารย์คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัย Utara ประเทศมาเลเซีย ได้นำเสนอแนวทางอันน่าสนใจ ดังจะนำเสนอในบทความนี้



ภาพ 1 กราฟิกของแบนเนอร์งานประชุมวิชาการนานาชาติด้านการศึกษาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ครั้งที่ 11 หรือ 11th International Conference on Science and Mathematics Education (COSMED XI)

ก่อนที่จะเข้าสู่เนื้อหาการเสนอแนวทางการปรับทิศทางการศึกษา STEM เพื่อเผชิญกับความท้าทายในโลก BANI จะกล่าวถึงที่มาของคำ BANI รวมทั้งความหมายของแต่ละตัวอักษรพร้อมตัวอย่าง เพื่อเป็นพื้นฐานในการทำความเข้าใจบทความนี้

จาก VUCA เป็น BANI



ภาพ 2 กราฟิกแสดงการเปลี่ยนผ่านจาก VUCA (Volatile, Uncertain, Complex, Ambiguous) เป็น BANI (Brittle, Anxious, Non-linear, Incomprehensible)

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา หน่วยงานภาครัฐและเอกชนทั่วโลกใช้คำว่า VUCA (Volatile, Uncertain, Complex, Ambiguous) เพื่อบรรยายลักษณะของโลกที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ซับซ้อน และไม่มีอะไรชัดเจน และได้นำมาใช้เป็นกรอบแนวคิดหนึ่งในการเตรียมกลยุทธ์และขับเคลื่อนหน่วยงานเพื่อรับมือกับความผันผวน จัดการกับความไม่แน่นอน ลดความซับซ้อน และสร้างความชัดเจนในสถานะที่คลุมเครือ แต่เมื่อโลกเข้าสู่คริสต์ทศวรรษ 2020 หลายคนเริ่มตระหนักว่า VUCA ไม่เพียงพอที่จะบรรยายความซับซ้อนและความท้าทายที่กำลังเผชิญอยู่ในปัจจุบัน โดย Jamais Cascio (2020) นักอนาคตศาสตร์ (Futurologist) ชาวอเมริกัน ได้เสนอกรอบแนวคิดใหม่ เรียกว่า BANI ซึ่งเป็นคำย่อของ Brittle, Anxious Nonlinear, Incomprehensible ขึ้นมาแทน โดยยกตัวอย่าง การระบาดของโควิด-19 วิกฤตการณ์เปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และการพัฒนาอย่าง

รวดเร็วของปัญญาประดิษฐ์ เป็นสถานการณ์ที่บ่งชี้ว่า VUCA ไม่สามารถสื่อถึงสภาพความเป็นจริงในปัจจุบันได้อย่างครบถ้วน

เปรียบเทียบ โลกแบบ VUCA กับโลกแบบ BANI แบบตัวต่อตัวทีละตัวอักษร ได้ดังนี้

1. V (Volatile - ผันผวน) vs B (Brittle - เปราะบาง)

Volatile หมายถึง มีสถานะเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็วและรุนแรง แต่ยังคงคาดการณ์ได้ในระดับหนึ่ง เช่น ราคาหุ้นที่ขึ้นลงอย่างรวดเร็ว หรือสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล

Brittle หมายถึง มีสถานะที่สามารถแตกหักได้ทันทีเมื่อถูกกระทบ แม้ระบบนั้นจะดูแข็งแรง เช่น ท่อไฮโดรเจนโลกที่ใหญ่จะงักทันทีเมื่อเกิดโควิด-19 ระบบธนาคารที่ล้มละลายภายในไม่กี่วัน หรือโครงสร้างพื้นฐานดิจิทัลที่อาจพังทลายจากการโจมตีไซเบอร์ครั้งเดียว โดยสถานการณ์ที่ผ่านมาไม่สามารถคาดการณ์ได้เลย

2. U (Uncertain - ไม่แน่นอน) vs A (Anxious - น่าวิตกกังวล)

Uncertain หมายถึง สถานะที่ไม่สามารถคาดการณ์อนาคตหรือผลลัพธ์ที่จะเกิดขึ้นได้อย่างชัดเจน เนื่องจากการขาดข้อมูลหรือความรู้ที่เพียงพอเกี่ยวกับสถานการณ์นั้นๆ เช่น ไม่แน่ใจว่าคู่แข่งจะเปิดตัวผลิตภัณฑ์ใหม่เมื่อไหร่ หรือนโยบายรัฐบาลจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร

Anxious หมายถึง สถานะที่น่าวิตกกังวลและกดดันทางจิตใจ อันเกิดจากการได้รับข้อมูลที่ท่วมท้น เช่น การได้รับข่าวสารเชิงลบจากสื่อสังคมออนไลน์ตลอดเวลา ความวิตกกังวลเกี่ยวกับอนาคตของงานที่ปรับเปลี่ยนเนื่องด้วยการพัฒนาอย่างรวดเร็วของเทคโนโลยี หรือความเครียดจากการตัดสินใจท่ามกลางข้อมูลที่มากเกินไปและขัดแย้งกัน

3. C (Complex - ซับซ้อน) vs N (Non-linear - ไม่เป็นเส้นตรง)

Complex หมายถึง สถานะของระบบที่เต็มไปด้วยปัจจัยและส่วนประกอบจำนวนมากที่มีความสัมพันธ์กัน ส่งผลกระทบต่อกันอย่างพัวพัน ทำให้การวิเคราะห์หาสาเหตุและผลลัพธ์ทำได้ยาก เช่น การบริหารองค์กรขนาดใหญ่ที่มีสาขาทั่วโลกซึ่งมีความแตกต่างทางวัฒนธรรมและกฎหมาย ปัญหาห่วงโซ่อุปทานการผลิต (Supply Chain) หรือระบบนิเวศทางธุรกิจที่มีผู้เล่นหลายฝ่าย

Non-linear หมายถึง สถานะที่ระบบมีความสัมพันธ์เชิงสาเหตุและผลลัพธ์ที่ไม่เป็นไปตามสัดส่วน เช่น การกระทำเล็กๆ อาจก่อให้เกิด

ผลกระทบมหาศาล การลงทุนมหาศาลอาจไม่ได้ผลตอบแทนเลย หรือ ไวรัสหนึ่งตัวสามารถเปลี่ยนแปลงโลกทั้งใบได้

4. A (Ambiguous - คลุมเครือ) vs I (Incomprehensible - ยากที่จะเข้าใจ)

Ambiguous หมายถึง สภาวะที่สามารถมีความหมายหรือตีความได้หลายแง่มุม ขาดความชัดเจน ไม่มีแบบอย่างหรือกรณีศึกษาในอดีตให้เปรียบเทียบ เช่น การตัดสินใจเข้าสู่ตลาดใหม่ที่ไม่เคยมีใครทำมาก่อน หรือการประเมินผลกระทบต่อสังคมจากเทคโนโลยีใหม่ที่ยังไม่มีใครเข้าใจอย่างถ่องแท้

Incomprehensible คือ สถานการณ์ที่เข้าใจได้ยาก แม้จะมีข้อมูลมากมาย เช่น อัลกอริทึมของ AI ที่ตัดสินใจโดยเราไม่รู้ว่าจะทำไมปรากฏการณ์ทางเศรษฐกิจที่ไม่สามารถอธิบายได้ด้วยทฤษฎีที่มีอยู่ หรือพฤติกรรมของระบบที่ซับซ้อนจนไม่มีใครเข้าใจได้ครบถ้วน เช่น การทำงานของโซเชียลมีเดียในการสร้างความเชื่อและพฤติกรรมมวลชน

การเปลี่ยนจาก VUCA ไป BANI สะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงของโลกที่กระตือรือร้นความผันผวนและแปรปรวนยิ่งขึ้น จากโลกที่เพียงแค่เปลี่ยนแปลงเร็วและซับซ้อน ไปสู่โลกที่แตกหักง่าย สร้างความวิตกกังวลไม่สามารถคาดเดาได้ และเข้าใจยากมากขึ้น การทำความเข้าใจรอบแนวคิด BANI จึงจะช่วยให้ครูได้ออกแบบการจัดการเรียนรู้ สื่อ หลักสูตร การวัดและประเมินผล และองค์ประกอบอื่นๆ ในด้านจัดการเรียนการสอนที่จะสามารถช่วยให้ผู้เรียนสามารถปรับตัวและรับมือกับความท้าทายของโลกปัจจุบันได้ดีขึ้น

การศึกษา STEM กับโลก BANI

งานประชุมวิชาการนานาชาติด้านการศึกษาวិทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ครั้งที่ 11 หรือ 11th International Conference on Science and Mathematics Education (COSMED XI) ที่รัฐปีนัง ประเทศมาเลเซีย ซึ่งจัดขึ้นโดย ศูนย์ระดับภูมิภาคว่าด้วยการศึกษาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (RECSAM: The Regional Centre for Education in Science and Mathematics) ของ องค์การรัฐมนตรีศึกษาแห่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (SEAMEO: Southeast Asia Ministers of Education Organization) ระหว่างวันที่ 8 - 10 กันยายน พ.ศ.2568 มีหัวข้อหลัก คือ “สำรวจทิศทางการศึกษา STEM ในโลก BANI” หรือ “Navigating STEM Education in a BANI World” เพื่อสะท้อนถึงความจำเป็นเร่งด่วนในการปรับทิศทางการศึกษา STEM สำหรับการเตรียมผู้เรียนให้มีทักษะ ทักษะคิด และความยืดหยุ่นทางจิตใจ ที่สามารถรับมือกับโลกที่ซับซ้อนและคาดเดาไม่ได้มากขึ้นเรื่อยๆ

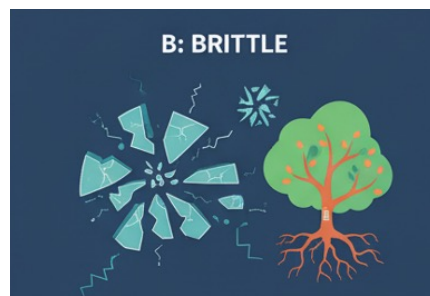
จากการบรรยาย Keynote Address โดยวิทยากร 2 ท่าน ได้แก่ Ybrs. Dr. Rusmini binti Ku Ahmad รองอธิบดีกรมสามัญศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ประเทศมาเลเซีย และ Assoc. Prof. Dr.Kanageswari Suppiah Shanmugam รองศาสตราจารย์จากคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัย Utara ประเทศมาเลเซีย สามารถสรุปแนวทางการจัดการศึกษา STEM เพื่อเผชิญกับความท้าทายในโลก BANI (Ahmad, 2025; Shanmugam, 2025) ได้ดังนี้



ภาพ 3 (ซ้ายมือ) Ybrs. Dr. Rusmini binti Ku Ahmad (ขวามือ) Assoc. Prof. Dr.Kanageswari Suppiah Shanmugam

โลกที่เปราะบาง (Brittle)

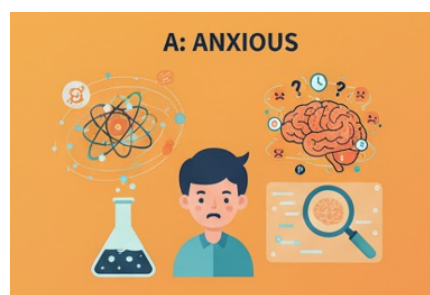
ระบบที่ดูมั่นคงอาจพังทลายได้อย่างไม่คาดคิด ไม่ว่าจะเป็นเศรษฐกิจ สังคม หรือสิ่งแวดล้อม ดังนั้น การศึกษา STEM ไม่ควรเน้นท่องจำเนื้อหาที่มีคำตอบตายตัว แต่ต้องสร้างการใช้ความรู้ในการแก้ปัญหา ในสถานการณ์ใหม่ๆ ฝึกให้นักเรียนมีทักษะ **ความยืดหยุ่นในการแก้ปัญหา** ให้นักเรียนเรียนรู้ที่จะปรับเปลี่ยนแนวทางเมื่อสถานการณ์พลิกผัน พร้อมทั้งสร้างคำตอบที่ช่วยให้การแก้ปัญหาฟื้นกลับมาได้รวดเร็ว ผ่านการสะท้อนคิดและปรับปรุง



ภาพ 4 กราฟิกแสดงสภาวะเปราะบาง ตามกรอบแนวคิด BANI

โลกที่น่าวิตกกังวล (Anxious)

การเปลี่ยนแปลงที่ถาโถมและควบคุมไม่ได้ทำให้ผู้คนจำนวนมากรู้สึกวิตกกังวลกับอนาคตที่ไม่แน่นอน ในบริบทนี้ การศึกษา STEM ต้องไม่ลืม **การพัฒนาความฉลาดทางอารมณ์ (Emotional Intelligence)** ให้นักเรียนรู้จักจัดการความวิตกกังวล รักษาความมั่นใจ และกล้าที่จะเผชิญการเปลี่ยนแปลง อีกทั้งควรปลูกฝัง **แนวคิดเชิงเติบโต (Growth Mindset)** ที่เชื่อมั่นว่าทุกคนสามารถเรียนรู้และก้าวให้ทันกับโลกที่หมุนเร็วได้เสมอ



ภาพ 5 กราฟิกแสดงสภาวะวิตกกังวล ตามกรอบแนวคิด BANI

โลกที่ไม่เป็นเส้นตรง (Non-linear)

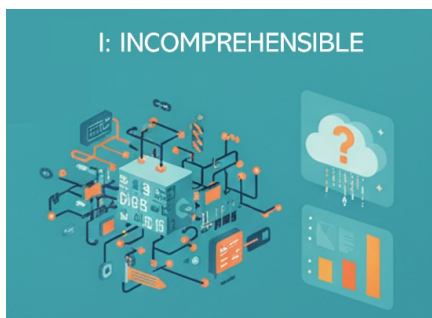
สิ่งเล็กๆ ที่เกิดขึ้นในที่หนึ่งอาจส่งผลกระทบมหาศาลในที่หนึ่งอย่างคาดไม่ถึง โลกที่เชื่อมโยงกันเช่นนี้ไม่สามารถแก้ปัญหาวัยวิธีการตรงไปตรงมา การศึกษา STEM จึงควรนำเสนอ ปัญหาจริงในชีวิตที่เป็น**ปัญหาปลายเปิด (Open-ended Problems)** และที่การเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยก่อให้เกิดผลกระทบในวงกว้างตามมา เปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิดเชื่อมโยงองค์ประกอบที่มีความสัมพันธ์กัน หรือ **การคิดเชิงระบบ (Systems Thinking)** ที่มองเห็นความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ



ภาพ 6 กราฟิกแสดงสภาวะไม่เป็นเส้นตรง ตามกรอบแนวคิด BANI

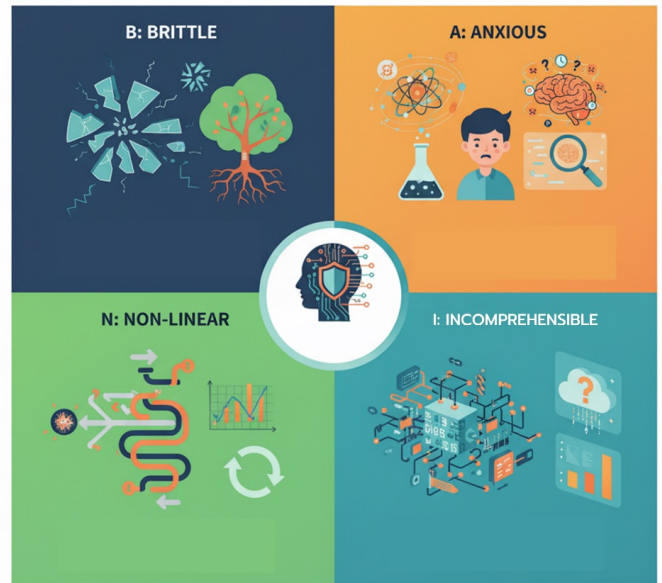
โลกที่เข้าใจยาก (Incomprehensible)

เทคโนโลยีที่ก้าวกระโดด ข้อมูลมหาศาลที่เพิ่มขึ้นทุกวินาที และความซับซ้อนที่ยากจะตีความ ทำให้ผู้คนรู้สึกไม่ทันต่อความจริงรอบตัว การศึกษา STEM จึงควรออกแบบการเรียนรู้ที่ **ทำให้เรื่องซับซ้อนเข้าใจง่าย** เช่น การใช้สื่อภาพ แอนิเมชัน หรือแบบจำลอง เพื่อถอดรหัสสิ่งที่เป็นนามธรรม รวมทั้งการจัดลำดับการเรียนรู้จากง่ายไปยากอย่างมีขั้นตอน พร้อมสร้างวัฒนธรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความใฝ่รู้ กระตุ้นให้นักเรียนตั้งคำถาม และพัฒนาตนเองเป็น**ผู้เรียนรู้ด้วยตนเอง (Self-directed Learner)**



ภาพ 7 กราฟิกแสดงสภาวะเข้าใจไม่ได้ ตามกรอบแนวคิด BANI

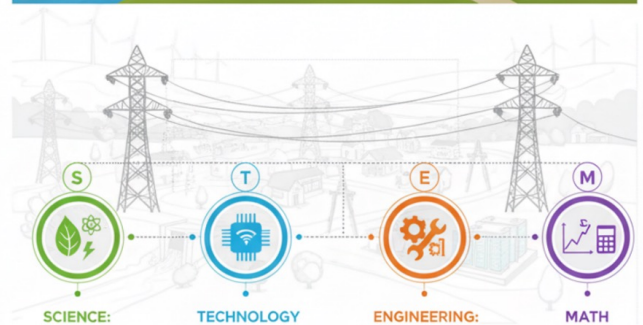
จากข้อเสนอในการปรับทิศทางการศึกษา STEM เพื่อเผชิญกับความท้าทายในโลก BANI ที่ผู้บรรยายทั้ง 2 ท่าน ให้แนวทางไว้ เมื่อนำมาเป็นพื้นฐานในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ STEM แบบบูรณาการ ผู้เขียนขอเสนอตัวอย่างกิจกรรม 1 ตัวอย่าง ดังนี้



ภาพ 8 กราฟิกแสดงสภาวะทั้ง 4 ตามกรอบแนวคิด BANI

กิจกรรมเมืองพลังงานสีเขียว

ให้นักเรียนทำกิจกรรมออกแบบ สร้าง และทดสอบ “เครือข่ายให้พลังงานไฟฟ้า” (Energy Grid) จากพลังงานหมุนเวียน ที่สามารถจ่ายไฟให้กับเมืองจำลอง ให้ทุกหลังคาเรือนสว่างได้อย่างเสถียรอย่างน้อยเป็นเวลา 30 นาที โดยไฟฟ้าที่ใช้ต้องมาจากแหล่งพลังงานหมุนเวียน 3 ชนิด ได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์จากแผงโซลาร์เซลล์ขนาดเล็ก พลังงานลมจากกังหันลมขนาดเล็กที่นักเรียนสร้างเอง และพลังงานน้ำจากน้ำที่ไหลจากขวดน้ำขนาด 2 ลิตร พร้อมกับระบบแบตเตอรี่กักเก็บพลังงาน



ภาพ 9 กราฟิกแสดงแนวคิดการจัดกิจกรรม เมืองพลังงานสีเขียว เพื่อฝึกฝนและเตรียมพร้อมนักเรียนให้เผชิญกับความท้าทายในโลก BANI

หัวข้อของสาขาวิชา STEM:

• วิทยาศาสตร์ (S):

○ **ฟิสิกส์:** เป็นสาขาวิชาที่เป็นหัวใจหลักของกิจกรรมนี้ นักเรียนต้องประยุกต์หลักการของไฟฟ้ากระแส ในการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์สุริยะ และการต่อวงจรไฟฟ้าเป็นเครือข่ายจ่ายกระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าของหลอดไฟที่ใช้ในเมืองจำลอง หลักการของกลศาสตร์ในการออกแบบกังหันลมที่มีความสมดุล และใบพัดกังหันที่เกิดการหมุนที่ดีที่สุด หลักการแม่เหล็กไฟฟ้าในการเปลี่ยนพลังงานกลจากการหมุนของใบพัดเป็นพลังงานไฟฟ้าด้วยเครื่องกำเนิดไฟอย่างมีประสิทธิภาพ หลักการของพลังงาน ในการเปลี่ยนพลังงานจลน์และพลังงานศักย์เป็นพลังงานไฟฟ้า

• **เทคโนโลยี (T):** การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (เช่น IPST Microbox KidBright) และเซ็นเซอร์เพื่อตรวจสอบการผลิตพลังงาน (แรงดัน กระแส) และสภาพอากาศ (ความเร็วลม ระดับแสง) พวกเขาอาจต้องเขียนโค้ดให้ระบบสลับการใช้งานระหว่างพลังงานแสงอาทิตย์ ลม น้ำ และแบตเตอรี่

• **วิศวกรรม (E):** กระบวนการทั้งหมด: ออกแบบ-สร้าง-ทดสอบ-ปรับปรุง นักเรียนต้องออกแบบการจัดวางเซลล์สุริยะ เสาและใบพัดกังหัน โครงสร้างที่เปลี่ยนพลังงานน้ำเป็นพลังงานไฟฟ้า และวงจรการจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพ โดยต้องคำนึงถึงข้อจำกัดต่างๆ เช่น ต้นทุนและวัสดุ

• **คณิตศาสตร์ (M):** การคำนวณความต้องการพลังงาน (วัตต์-ชั่วโมง) อัตราทดเกียร์ อัตราส่วนความเร็วปลายใบพัด กราฟกำลัง (Power Curve) และความน่าเชื่อถือทางสถิติของระบบจากข้อมูลทดสอบได้

การรับมือกับความท้าทาย BANI:

• **B - Brittle (เปราะบาง):** ครูสามารถสร้างสถานการณ์ให้นักเรียนฝึกฝนที่จะเผชิญกับความเปราะบางของระบบเครือข่ายไฟฟ้า ที่ในช่วงเวลาหนึ่ง แหล่งพลังงานหมุนเวียนบางชนิดไม่สามารถให้พลังงานเพียงพอ และถ้านักเรียนออกแบบเครือข่ายที่เชื่อมโยงการจ่ายไฟฟ้าจากทุกแหล่งพลังงานเข้าด้วยกัน นักเรียนจะต้องปรับการออกแบบให้มีความยืดหยุ่น (Resilient) เช่น หากลมหยุดการเคลื่อนที่ (ความล้มเหลวที่เปราะบาง) ระบบจะยังจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับเมืองจำลองได้ หรือเมื่อพลังงานแสงอาทิตย์และแบตเตอรี่ที่กักเก็บพลังงานไว้ไม่เพียงพอ ระบบ

จะยังสามารถใช้พลังงานไฟฟ้าจากแหล่งน้ำได้ นักเรียนเรียนรู้ที่จะสร้างระบบสำรอง (Redundancy) เพื่อป้องกันการล่มสลายของระบบทั้งหมด

• **A - Anxious (วิตกกังวล):** การทำกิจกรรมนี้ ครูอาจจำลองสถานการณ์ที่เงื่อนไขมีการเปลี่ยนแปลง เช่น การเพิ่มราคาแบบพุ่งกระโดดของวัสดุบางอย่าง หรือสภาวะภัยแล้ง ทำให้นักเรียนต้องร่วมมือกันแก้ปัญหาภายใต้เงื่อนไขเปลี่ยนแปลง นักเรียนจะได้ฝึกจัดการความเครียด ฝึกการให้กำลังใจทีม และเมื่อนักเรียนสามารถร่วมมือกันแก้ปัญหาให้ลุล่วงไปได้ พวกเขาจะได้รับความมั่นใจจากการร่วมมือกันแก้ปัญหาที่ซับซ้อนและผันผวน ช่วยสร้างเจตคติที่สามารถเผชิญกับความวิตกกังวลได้อย่างดี

• **N - Non-linear (ไม่เป็นเส้นตรง):** ครูสามารถสาธิตสถานการณ์ด้านพลังงานที่ผลการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย สามารถส่งผลกระทบในวงกว้าง เช่น การมีสัตว์ปีกหรือสัตว์เลื้อยคลานเข้าไปในระบบเครื่องกลของกังหันลมสามารถส่งผลกับการผลิตไฟฟ้าของกังหันลม และสามารถส่งผลต่อเนื่องกับความไม่เพียงพอของการใช้พลังงานในเมืองจำลองเนื่องจากเครือข่ายจ่ายกระแสไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานหมุนเวียนมีความผันผวนแบบไม่เป็นเชิงเส้น

• **I - Incomprehensible (เข้าใจยาก):** ครูสามารถสร้างสถานการณ์ที่ทำให้เครือข่ายพลังงานไฟฟ้าของเมืองจำลองล่มลง แล้วฝึกฝนให้นักเรียนหาสาเหตุที่เข้าใจยากเพราะนักเรียนอาจสงสัยว่า ทำไมมันไม่ทำงาน? เป็นที่แผงเซลล์สุริยะ แบตเตอรี่ หรือ สายไฟหลวม ระบบจะเข้าใจยากหากไม่มีข้อมูล การใช้เซ็นเซอร์และบันทึกข้อมูล (T) ทำให้นักเรียนมองเห็นการไหลของพลังงานที่มองไม่เห็นได้อย่างโปร่งใส พวกเขาใช้การแสดงผลภาพข้อมูล (Data Visualization) เพื่อค้นหารูปแบบ แก้ไขข้อบกพร่อง และสร้างความเข้าใจที่ชัดเจนต่อระบบที่ซับซ้อนของพวกเขา

บทสรุป: การศึกษา STEM ในโลก BANI

ในโลกที่เปลี่ยนแปลงอย่างเปราะบาง วิตก ซับซ้อน และเข้าใจยาก การศึกษา STEM จึงไม่ใช่เพียงการถ่ายทอดความรู้ แต่คือการสร้างทักษะเพื่อการใช้ชีวิต ผู้เรียนควรได้ฝึกแก้ปัญหาแบบร่วมมือจากสถานการณ์จริง ใช้ความรู้ข้ามสาขา ยืดหยุ่นต่อการเปลี่ยนแปลง มีความฉลาดทางอารมณ์ และแนวคิดเชิงเติบโต มองโลกแบบเชื่อมโยง และพร้อมเรียนรู้ด้วยตนเองตลอดชีวิต หากทำได้เช่นนี้ ผู้เรียนจะไม่เพียง “เอาตัวรอด” แต่จะ “เติบโต” อย่างมั่นใจท่ามกลางโลก BANI ที่คาดเดาไม่ได้ 

บรรณานุกรม

Ahmad, R. K. (2025, September 8–10). *Charting Strategic Directions for Future-Ready STEM Education: policy, curriculum, and leadership in a BANI world* [Keynote address]. 11th International Conference on Science and Mathematics Education, SEAMEO RECSAM, Penang, Malaysia.

Cascio, J. (2020, April 29). *Facing the Age of Chaos*. Medium. Retrieved November 3, 2025, from <https://medium.com/@cascio/facing-the-age-of-chaos-b00687b1f51d>.

Shanmugam, K. S. (2025, September 8–10). *STEM in BANI: towards understanding complex problems and developing solutions* [Keynote address]. 11th International Conference on Science and Mathematics Education, SEAMEO RECSAM, Penang, Malaysia.



ภาพจาก: <https://www.twinkl.co.th/teaching-wiki/stem-education-sa-tem-suksa>

ชวนซัด...แซทเกี่ยวกับ ลักษณะสำคัญของการสอนสะเต็ม

Chitchat about STEM Activity Features through Implementations

ซูปตัวอักษรย่อ หรือ สะเต็มศึกษา

สะเต็มศึกษาถือเป็นนวัตกรรมทางการศึกษาที่มุ่งเน้นการบูรณาการศาสตร์อย่างน้อยตั้งแต่สองศาสตร์ขึ้นไปเพื่อฝึกฝนให้ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาได้พบได้ในชีวิตประจำวัน (Bybee, 2013) แต่ความเข้าใจอย่างผิวเผินหรือความเร่งรีบในการสร้างบทเรียนด้านสะเต็มศึกษาอาจทำให้เกิดกิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าวนั้นไม่ประสบความสำเร็จ กล่าวคือ การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา กลายเป็นเพียงองค์ประกอบจากหลากหลายศาสตร์มาประกอบรวมกัน หรือที่เรียกว่า “ซูปตัวอักษรย่อ (Alphabet Soup)” (Lyons, 2020) ที่ประกอบไปด้วย ตัวอักษร S, T, E และ M ที่สื่อความหมายถึง วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) รวมทั้งการมองธรรมชาติของแต่ละศาสตร์อย่างผิวเผิน เช่น เทคโนโลยีเท่ากับเครื่องมือหรือการสืบค้นความรู้ คณิตศาสตร์เท่ากับการวัด การตั้งราคา หรือการประหยัดต้นทุน

แม้กระทั่งวิศวกรรมศาสตร์ที่ไม่ปรากฏในตัวชี้วัดหรือสาระการเรียนรู้ภูมิความรู้ใหม่ผ่านการทำงานหรือการประดิษฐ์มากกว่ามุมมองเกี่ยวกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process)



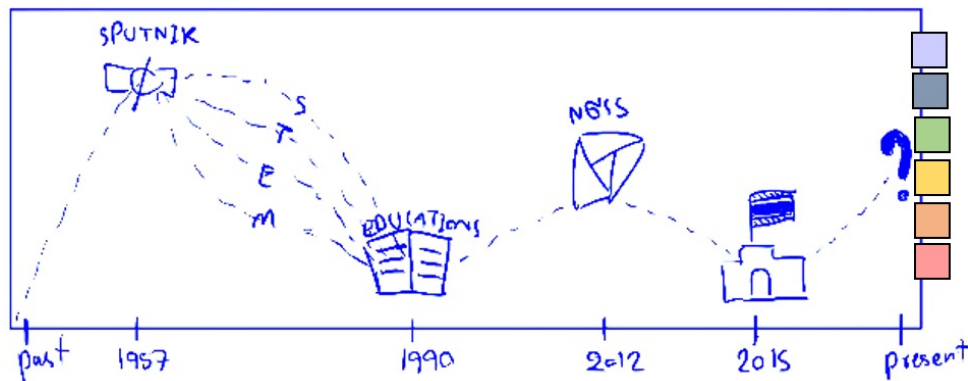
ภาพ 1 ภาพจำลองแนวคิดสะเต็มศึกษาแบบการสะสมตัวอักษรย่อให้ครบสู่การหลอมรวมเป็นบทเรียนสะเต็มศึกษาสำหรับผู้เรียน

ภาพ 1 แสดงให้เห็นถึงประเด็นสะท้อนคิดในการพัฒนากระบวนการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา จากการตีความว่า ตัวอักษรย่อแต่ละตัวคืออะไร หรือต้องมีตัวชี้วัดครบจากทุกวิชาไปสู่เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาว่า ผู้เรียนควรทำอะไรได้ คณะผู้เขียนจึงอยากลองพาคิดใหม่ (Reimagine) โดยสนับสนุนให้ครูนำกรอบแบบถอยกลับมาหนึ่งก้าวเพื่อมองชุดตัวอักษรย่อ เอส ที อี เอ็ม (S-T-E-M) และก้าวไปข้างหน้าได้หลายก้าวกับบทเรียนตามแนวทางสะเต็มศึกษาของตนเอง ผ่านชุดสะเต็มที่แสดงให้เห็นถึงองค์ประกอบหลักต่างๆ ที่ผู้เรียนจะได้สำรวจทั้งเชิงกว้างและเชิงลึกผ่านตัวอย่างการทดลองใช้ กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีความหลากหลายตลอดระยะเวลาเกือบทศวรรษของการมาถึงสำหรับสะเต็มศึกษาในไทยนำไปสู่การถอดบทเรียนแล้วได้มาซึ่งแกนของการกำหนดกิจกรรมสะเต็มศึกษาหรือการพัฒนาบทเรียนสะเต็มศึกษา คณะผู้เขียนมั่นใจเป็นอย่างยิ่งว่าองค์ความรู้เกี่ยวกับการพัฒนาบทเรียนสะเต็มศึกษาที่เติบโตและต่อยอดไปได้อีกหลายมิติ เช่น สะเต็มศึกษาเพื่อเศรษฐกิจ สะเต็มศึกษาเพื่อสังคม หรือสะเต็มศึกษาเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน โดยในลำดับต่อไปจะแสดงให้เห็นถึงพัฒนาการที่มาจากแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยสังเขปก่อนที่จะยกตัวอย่างกรณีศึกษาที่สะท้อนให้เห็นถึงลักษณะสำคัญในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านการปฏิบัติ

คณะผู้เขียนขอพาคูสะเต็มศึกษา นักศึกษาครู หรือนักการศึกษา ย้อนกลับไปสู่จุดเริ่มต้นของสะเต็มศึกษา ดังแสดงในภาพ 2 เมื่อการแข่งขันด้วยความรู้และนวัตกรรมไม่ใช่ประเด็นที่เพิ่งปรากฏในปัจจุบัน กว่าหกทศวรรษตั้งแต่ประเทศรัสเซียสามารถส่งสปุตนิก (Sputnik) ซึ่งเป็นดาวเทียมดวงแรกโคจรรอบโลกได้สำเร็จในปี ค.ศ. 1957 กลายเป็นบรรทัดฐานใหม่สำหรับหลายประเทศมหาอำนาจที่ตื่นตัวถึงการแข่งขันในการเชื่อมต่อการพัฒนาบุคลากรเข้ากับความรู้และการสร้างนวัตกรรม เมื่อผ่านไปสามสิบปี ช่วงต้นปี ค.ศ. 1990 มูลนิธิวิทยาศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา (National Science Foundation: NSF) ได้บรรจุแนวคิดของการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อมุ่งเน้นการพัฒนาองค์ความรู้และนวัตกรรมลงในภาคการศึกษาอย่างเป็นทางการ (Fan and Ritz, 2014; Moore et al., 2015) แม้จะไม่สามารถกล่าวได้ว่าเหตุการณ์ดังกล่าวส่งผลให้เกิดแนวคิดของสะเต็มศึกษาหรือการบูรณาการศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนานวัตกรรมปรากฏในระดับชั้นเรียน แต่มีความชัดเจนขึ้นมาว่าเป้าหมายการจัดการเรียนรู้ที่เป็นรูปธรรมไม่ได้จำกัดอยู่แค่การถ่ายทอดความรู้เท่านั้น แต่เป็นการถ่ายทอดแนวทางการศึกษาหรือการปฏิบัติเพื่อจำลองการทำงานหรือวิชาชีพปรากฏเด่นชัดในชั้นเรียน เช่น การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (McNeill & Krajcik, 2008; McNeill, 2017) เมื่อจำเพาะเจาะจงยิ่งขึ้นสำหรับชั้นเรียนวิทยาศาสตร์พบว่ากรอบการปฏิรูปการศึกษาในประเทศสหรัฐอเมริกาสู่มาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ยุคใหม่ (Next Generation Science Standard: NGSS) ในปี ค.ศ. 2012 (NGSS Lead States, 2013) แสดงให้เห็นถึงความมุ่งมั่นที่จะพัฒนาผู้เรียน นอกจากการเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ (Knowing) ไปสู่การเป็นผู้ใช้หรือผู้ประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Doing or Practicing) ได้ ยิ่งไปกว่านั้นไม่ได้มุ่งหมายให้ผู้เรียนเพียงแต่หาคำตอบได้จากการสืบเสาะหาความรู้เท่านั้น แต่ไปถึงระดับการใช้ความรู้ในการแก้ปัญหาได้ดังเช่นที่กำหนดไว้ในแนวปฏิบัติวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ (Science and Engineering Practice: SEPs) ร่วมกับการใช้ความรู้ กระบวนการคิดหรือกระบวนการปฏิบัติจากแต่ละศาสตร์เพื่อนำไปสู่การพัฒนาแนวทางแก้ปัญหาที่มีความเหมาะสมที่สุด (Bybee, 2013) จุดเน้นสำคัญคือ ไม่จำเป็นต้องเป็นชั้นเรียนสะเต็มศึกษาแต่ผู้สอนสามารถสอดแทรกแนวปฏิบัติหรือการบูรณาการความรู้ข้ามศาสตร์ในเนื้อหาหรือแนวคิดสำคัญที่ตนเองกำลังสอนได้ และเมื่อพิจารณา นับตั้งแต่ปี ค.ศ. 2015 บทเรียนสะเต็มศึกษาจำนวนไม่น้อยได้ถูกพัฒนาและใช้จัดประสบการณ์เรียนรู้สะเต็มศึกษาให้กับผู้เรียนในระดับชั้นต่างๆ ซึ่งพบว่าส่วนใหญ่ได้เลือกกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้

ที่สะท้อนให้เห็นถึงการพิจารณาเกี่ยวกับปัญหาไปถึงการออกแบบแนวทางแก้ปัญหา (Johnsone et al., 2021; Lertdechapat & Faikhamta, 2021) แต่คำถามที่สำคัญคือ สะเต็มในบริบทไทย (Thai-Based STEM) มีลักษณะสถานการณ์ท้าทายเป็นอย่างไร ปัญหาที่นำมาฝึกฝนผู้เรียนผ่านบทเรียนสะเต็มศึกษาสะท้อนถึงเป้าหมายของการพัฒนาประเทศไทยอย่างไรบ้าง หรืออีกนัยหนึ่งคือนอกจากขั้นการบูรณาการกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน ครูนักออกแบบยังมีหลักคิดหรือลักษณะสำคัญอะไรเพิ่มเติมอีกบ้างในการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีความสอดคล้องกับชีวิตประจำวันของผู้เรียนในบริบทไทย (Sanders, 2012; Hanuscin et al., 2018)

นอกจากนี้ ทางด้านขวามือของภาพ 2 ยังแสดงให้เห็นถึงลักษณะสำคัญในการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาที่คณะผู้เขียนได้ถอดบทเรียนจากการปฏิบัติการสอนกิจกรรมสะเต็มในหลากหลายลักษณะที่มีริมและจุดเน้นของกิจกรรมแตกต่างกัน ดังแสดงตัวอย่างในภาพ 3 ซึ่งได้อธิบายรายละเอียดในลำดับถัดไป



ภาพ 2 แบบจำลองความคิดเส้นเวลาสะเต็มศึกษาโดยสังเขป

บัตรสถานการณ์สะเต็มที่ 1
การปฏิบัติสะเต็มผ่านอาชีพนักวิทยาศาสตร์ (Forensic Scientist)

สื่อในการดำเนินกิจกรรม

สถานการณ์โดยสังเขป

เป้าหมายท้าทายต่อผู้เรียน

จุดเน้นของกิจกรรม

บัตรสถานการณ์สะเต็มที่ 2
การปฏิบัติสะเต็มผ่านอาชีพนักชีววิทยาทางทะเล (Marine Biologist)

สื่อในการดำเนินกิจกรรม

สถานการณ์โดยสังเขป

เป้าหมายท้าทายต่อผู้เรียน

จุดเน้นของกิจกรรม

บัตรสถานการณ์สะเต็มที่ 3
การปฏิบัติสะเต็มผ่านอาชีพวิศวกรไฟฟ้า (Start-Up)

สื่อในการดำเนินกิจกรรม

สถานการณ์โดยสังเขป

เป้าหมายท้าทายต่อผู้เรียน

จุดเน้นของกิจกรรม

บัตรสถานการณ์สะเต็มที่ 4
การพัฒนาแอปพลิเคชันเคลื่อนที่

สื่อในการดำเนินกิจกรรม

สถานการณ์โดยสังเขป

เป้าหมายท้าทายต่อผู้เรียน

จุดเน้นของกิจกรรม

บัตรสถานการณ์สะเต็มที่ 5
การออกแบบสิ่งประดิษฐ์ด้วยแสงผ่านบทเรียน BEATS-1

สื่อในการดำเนินกิจกรรม

สถานการณ์โดยสังเขป

เป้าหมายท้าทายต่อผู้เรียน

จุดเน้นของกิจกรรม

บัตรสถานการณ์สะเต็มที่ 6
การออกแบบสิ่งประดิษฐ์ด้วยแสงผ่านบทเรียน BEATS-2

สื่อในการดำเนินกิจกรรม

สถานการณ์โดยสังเขป

เป้าหมายท้าทายต่อผู้เรียน

จุดเน้นของกิจกรรม

บัตรสถานการณ์สะเต็มที่ 7
การทดสอบแผนผังอายุผู้มีความเสี่ยงสูงต่อผลกระทบของโควิด 19

สื่อในการดำเนินกิจกรรม

สถานการณ์โดยสังเขป

เป้าหมายท้าทายต่อผู้เรียน

จุดเน้นของกิจกรรม

บัตรสถานการณ์สะเต็มที่ 8
ชวนคิด!...กับผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใช่ของญี่ปุ่น

สื่อในการดำเนินกิจกรรม

สถานการณ์โดยสังเขป

เป้าหมายท้าทายต่อผู้เรียน

จุดเน้นของกิจกรรม

บัตรสถานการณ์สะเต็มที่ 9
นักวิศวกร + นักพัฒนาอย่างยั่งยืน

สื่อในการดำเนินกิจกรรม

สถานการณ์โดยสังเขป

เป้าหมายท้าทายต่อผู้เรียน

จุดเน้นของกิจกรรม

ภาพ 3 ตัวอย่างบัตรสถานการณ์ท้าทายที่แสดงจุดเน้นในการออกแบบกิจกรรมสะเต็ม

ส่วนต่อขยายลักษณะสำคัญในการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา

การขับเคลื่อนกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในทางปฏิบัติได้เปลี่ยนแนวคิดทางทฤษฎีไปสู่การกำหนดกิจกรรมทดลองใช้ และทบทวนลักษณะสำคัญของกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการศาสตร์เพื่อปรับปรุงกิจกรรมให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ในช่วงระยะเวลาดังแต่ปี ค.ศ. 2018 ถึง ปี ค.ศ. 2023 คณะผู้เขียนในฐานะครูนักวิจัยสะเต็มศึกษา (STEM Teacher-Researchers) ได้โอกาสสร้างความร่วมมือกับทั้งโรงเรียนต่างๆ และความร่วมมือระหว่างสถาบันที่ขับเคลื่อนการศึกษาในบางประเทศ เพื่อใช้เป็นพื้นที่ในการศึกษา ลักษณะสำคัญในการออกแบบหรือพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา แล้วนำมาถอดบทเรียนโดยไล่เรียงตามลำดับเวลาดังแสดงในตาราง 1

ปี 2018	ปี 2019	ปี 2020
Client's Needs ความต้องการของลูกค้า เป็นจุดเริ่มต้นสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มุ่งให้ผู้เรียนใช้ความรู้ผ่าน การปฏิบัติ ส่งมอบผลการดำเนินการที่มี ประสิทธิภาพตามลูกค้ากำหนด และ การเข้าใจขีดความสามารถหรือทักษะของ กลุ่มอาชีพสะเต็ม (STEM Careers) ที่จะ ช่วยให้ผู้เรียนสามารถส่งมอบผลการ ดำเนินงานได้ดียิ่งขึ้น กิจกรรมค่ายสะเต็มที่มุ่งเน้นการเรียนรู้ ผ่านมุมมองของกลุ่มวิชาชีพสะเต็มช่วย ให้ผู้เรียนมัธยมปลายแห่งหนึ่งในจังหวัด นนทบุรีให้ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับ ศาสตร์อื่นเช่น นักนิติวิทยาศาสตร์ (Forensic Scientist) ที่ไม่เพียงแต่ทำการทดลอง หรือทดสอบพยานหรือหลักฐาน แต่ยัง จัดรูปแบบหรือร้อยเรียงความเชื่อมโยงของ ประเด็นหลักฐานต่างๆ เพื่อนำไปสู่ข้อสรุป ได้ นักชีววิทยาทางทะเล (Marine Biologist) ที่ไม่ได้แค่มีความรู้เกี่ยวกับสิ่งมีชีวิต หรือระบบนิเวศทางทะเลเท่านั้น แต่ยัง สามารถประยุกต์ความรู้ในการแก้ปัญหา ที่เกิดขึ้นในการทำงานของตนเองได้ และสตาร์ทอัพ (Start-Up) ที่ไม่เพียงแต่ จินตนาการนวัตกรรมใหม่โดยปราศจาก การใช้ข้อมูล กระบวนการวิทยาศาสตร์ หรือเทคโนโลยีช่วยให้ได้ตัวต้นแบบที่จะ ทดสอบและนำเสนอผลการดำเนินงานได้ ดังแสดงรายละเอียดในบัตรสถานการณ์ 3a 3b และ 3c ตามลำดับ	Higher-order Thinking สมรรถนะการคิดขั้นสูง เป็นอีกหนึ่งผลผลิต ที่ผู้เรียนจะได้รับการพัฒนาตลอดการเรียนรู้ แบบบูรณาการศาสตร์ที่ประกอบด้วย กิจกรรมหลักที่มุ่งเน้นการเปรียบเทียบ การออกแบบ การตัดสินใจ หรือการได้มา ซึ่งแนวทางแก้ปัญหา ที่สะท้อนถึงลักษณะ ของการคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ การคิดวิจารณ์ และการคิดแก้ปัญหา ตามลำดับ ในโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพสำหรับครูมัธยม แห่งหนึ่งในจังหวัดปทุมธานีที่มีเป้าหมาย สนับสนุนให้ครูประจำการสามารถพัฒนา บทเรียนสะเต็มแบบมุ่งเน้นการคิดขั้นสูง ได้ใช้สถานการณ์ตัวอย่างการพัฒนา แอปพลิเคชันเดลิเวอรี่ผ่านกิจกรรมการ ดำเนินการสืบเสาะแบบนักวิทยาศาสตร์ และการออกแบบแนวทางแก้ปัญหาแบบ วิศวกร จนได้มาซึ่งคำถามสำคัญที่มุ่งเน้น การพัฒนาสมรรถนะการคิดขั้นสูงให้ผู้เรียน เช่น “ผู้เรียนเลือกใช้ร่างใดในการพัฒนา ตัวต้นแบบ แล้วใช้หลักฐานใดประกอบการ เปรียบเทียบนั้น” หรือ “ผู้เรียนจะ สามารถตรวจสอบประสิทธิภาพของ ตัวต้นแบบด้วยเกณฑ์ใดบ้าง และเกณฑ์ เหล่านั้นสอดคล้องกับเงื่อนไขหรือเป้าหมาย ในการดำเนินการอย่างไร” ซึ่งสะท้อนไปสู่ การฝึกฝนสมรรถนะการคิดอย่างมี วิจารณญาณหรือสมรรถนะการคิดแก้ปัญหา ตามลำดับ ดังแสดงรายละเอียดในบัตร สถานการณ์ 3d	Authentic Context บริบทจริงสู่ความท้าทาย คือ การเชื่อมต่อ สถานการณ์ท้าทายในกิจกรรมการเรียนรู้ ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเข้าด้วยกันกับ การใช้ความรู้จากบทเรียนที่เกี่ยวข้องและ ประสบการณ์ที่ผู้เรียนพบได้ในชีวิตประจำวัน อีกทั้งแนวคิดของกิจกรรมการเรียนรู้ตาม แนวทางสะเต็มศึกษาและปรับให้เหมาะสม กับระดับชั้นหรือความสนใจของผู้เรียน โครงการความร่วมมือการวิจัยเกี่ยวกับสะเต็ม ศึกษา ระหว่างประเทศไทย ได้หวัน และ เวียดนาม (STEM2TV: https://stem.ccr.tw/intro.html) ได้พัฒนาชุดการทดลอง ต้นแบบในการต่อยอดด้านงานปรับค่าได้ เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้การต่อวงจรและ หลักการทำงานของวงจรผ่านหน่วยการ เรียนรู้ บีทส์ (BEATS) การทดลองใช้งาน ในประเทศไทยได้เพิ่มเติมสถานการณ์ ท้าทายให้ผู้เรียนใช้ความรู้ดังกล่าว ร่วมกับ แนวคิดในการย่อแบบลงบนพื้นผิวที่มี สีต่างกันเพื่อให้สีของผนังที่เหมาะสมใน โอกาสการจัดงานเลี้ยงต้อนรับเพื่อนนักเรียน ในโครงการแลกเปลี่ยนจากต่างประเทศ ตามธีมที่กำหนด แม้ว่าบทเรียนเดียวกัน แต่นักเรียนมัธยมต้นยังขาดความพร้อมใน การใช้เครื่องมือบัดกรีเชื่อมต่อวงจร จึง ปรับใช้ตัวแทนในการพัฒนาตัวต้นแบบ ด้วยไฟฉายกับกระดาษแก้วต่างสี ดังแสดง รายละเอียดในบัตรสถานการณ์ 3e และ 3f ตามลำดับ

ตาราง 1 ลักษณะสำคัญในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษาผ่านการทดลองใช้กิจกรรมจากปี ค.ศ. 2018 ถึง 2023

Test and Re-test with Evidence	Entrepreneurship	Environment & Sustained Issues
การทดสอบและการทดสอบซ้ำด้วยหลักฐานเชิงประจักษ์ คือ การขยายการรับรู้และการปฏิบัติเกี่ยวกับการทดสอบที่ไม่ใช่เพียงลองผิดลองถูก แต่ทุกมิติของการทดสอบแนวทางแก้ปัญหาหรือตัวต้นแบบอย่างเป็นระบบระเบียบจะช่วยให้ผู้เรียนได้ข้อมูลเพียงพอต่อการตัดสินใจ (Making Decision) หรือการปรับให้เหมาะสม (Optimization) ในสิ่งที่ศึกษา กิจกรรมค่ายสะเต็มศึกษานักเรียนมัธยมปลายแห่งหนึ่งในกรุงเทพฯ ในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับช่วงแพร่ระบาดของโควิด 19 และนำไปสู่การดำเนินชีวิตวิถีใหม่ เปิดโอกาสให้ผู้เรียนแก้ปัญหาและทดสอบแนวทางแก้ปัญหาด้านระบบขนส่ง (Logistics) สถานการณ์ท้าทายออกแบบและทดสอบแผนการขนส่งกลุ่มผู้โดยสารจากสนามบินไปยังสถานที่กักตัวทางเลือกต่างๆ ร่วมกับการออกแบบห้องโดยสารที่ลดการสัมผัสระหว่างผู้โดยสารกับพนักงานขับรถ ซึ่งนักเรียนใช้ข้อมูลสารสนเทศต่างๆ ในการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างความจุผู้โดยสารจำนวนรอบการเดินทางของยานพาหนะแต่ละประเภท เส้นทางและระยะเวลาที่สั้นที่สุด ก่อนที่จะนำข้อมูลเหล่านั้นมาปรับปรุงและค้นหาปัจจัยที่สามารถปรับเพิ่มเติมเพื่อให้เส้นทางที่กำหนดมีประสิทธิภาพมากขึ้นในการทดสอบซ้ำ ดังแสดงรายละเอียดในบัตรสถานการณ์ 3g	ความเป็นผู้ประกอบการ เป็นการขยายขอบเขตการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ สะเต็มศึกษาอย่างมีความหมายต่อความต้องการในโลกจริง โดยเพิ่มขีดความสามารถให้ผู้เรียนเข้าใจการเข้าถึงความเป็นไปได้เชิงนวัตกรรมที่แตกต่างในฐานะผู้ประกอบการ เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยเกี่ยวกับเศรษฐกิจหรือธุรกิจแล้วมาเป็นส่วนหนึ่งในการทำงานสะเต็ม โครงการความร่วมมือการวิจัยเกี่ยวกับการบูรณาการแนวทางการสืบเสาะร่วมกับแบบจำลองและสะเต็มศึกษา (Model Inquiry Integrated STEM: MiSTEM, https://mi-stem.org/) ระหว่างประเทศไทย เวียดนาม อินโดนีเซีย และสก็อตแลนด์ ภายใต้การสนับสนุนของกองทุนเพื่อความท้าทายในการวิจัยร่วมกันของประเทศอังกฤษ (Global Challenges Research Fund: GCRF) ได้ปรับแนวคิดเกี่ยวกับไม้เป่าลูกโป่ง เพื่อให้ให้นักศึกษาครูทดลองสำรวจความต้องการร่วมกับปัญหาที่กลุ่มตนเองสนใจ ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไม้หรือน้ำยาเป่าลูกโป่งได้เป็นโจทย์ปัญหาใหม่ เช่น รูปร่าง รูปทรงของไม้เป่าที่ส่งผลต่อรูปร่างของฟอง หรือวัสดุที่แตกต่างกันให้ผลในการสร้างฟองที่มีความยืดหยุ่นเพิ่มเติม หรือการปรับสูตรน้ำยาที่ทำงานได้ดีในอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปผ่านการพัฒนาแบบจำลองทางความคิด ดังแสดงรายละเอียดในบัตรสถานการณ์ 3h	ประเด็นทางสิ่งแวดล้อมและความยั่งยืน เป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่จะเชื่อมต่อการเรียนรู้ สะเต็มศึกษาที่ผู้เรียนตระหนักถึงการสร้างความคุณค่าจากแนวทางที่ตนเองพัฒนาขึ้นในเชิงลึกที่ไม่ใช่เป็นแค่ประเด็นด้านการเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม แต่ยังทำให้ตระหนักถึงผลกระทบในการแก้ปัญหาโดยไม่สร้างปัญหาใหม่ หรือการพัฒนาอย่างยั่งยืน กิจกรรมค่ายสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความสามารถในการค้นหาประเด็นและทำโครงการเชิงนวัตกรรมให้กับนักเรียนมัธยมปลายแห่งหนึ่งพบว่า ผู้เรียนสามารถปรับเปลี่ยนแนวทางการดำเนินโครงการจากประเด็นที่ตนเองสนใจไปสู่ความรับผิดชอบในโครงการของตนเองที่จะส่งผลกระทบต่อโลกในระยะยาว เช่น ผู้เรียนสนใจเอนไซม์ในการจัดคราบสกปรกที่ชักหรือชักออกยาก ได้มีโอกาสศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมแล้วพบเอนไซม์ที่หลากหลายที่สามารถสกัดได้จากวัสดุเหลือทิ้งหรือผู้เรียนที่สนใจเกี่ยวกับหมุนเวียนใช้วัสดุชีวภาพที่จะนำมาใช้ทำกระถางต้นไม้สำหรับเพาะต้นกล้าที่ย่อยสลายได้ จากเดิมที่มุ่งผลิตพลาสติกชีวภาพที่อาจมีสูตรให้ดำเนินการตามอย่างง่ายได้กลายเป็นความท้าทายในการนำไปสู่การค้นพบแนวทางได้มาซึ่งนวัตกรรมที่มีเป้าหมายในการคำนึงถึงผลกระทบด้านอื่น ดังแสดงรายละเอียดในบัตรสถานการณ์ 3i

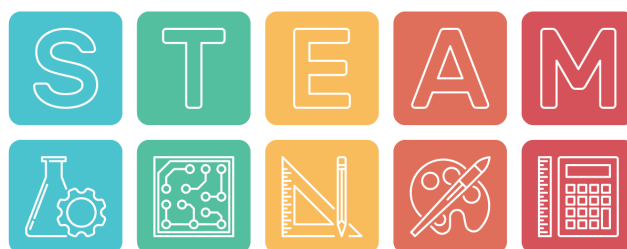
ตาราง 1 (ต่อ) ลักษณะสำคัญในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษาผ่านการทดลองใช้กิจกรรมจากปี ค.ศ. 2018 ถึง 2023

กิจกรรมสะเต็มศึกษาสำหรับผู้เรียนของวันพรุ่งนี้

การสร้างประสบการณ์เรียนรู้แบบบูรณาการศาสตร์จะช่วยเตรียมความพร้อมให้ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาที่ต้องเผชิญในอนาคตได้ ไม่ใช่เพียงการจดจำหรือคัดลอกวิธีการแก้ปัญหาเดิมไปใช้ใหม่ แต่สามารถสร้างกระบวนการแก้ปัญหาที่เหมาะสมกับบริบทเฉพาะได้ อย่างไรก็ดี Bybee (2013) ได้กำหนดลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาไว้ 4 ประการคือ 1) แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการบูรณาการ 2) การศึกษาผ่านลักษณะโครงการที่มุ่งเน้นการทดสอบ ปรับปรุง แก้ไข 3) การส่งเสริมสมรรถนะสำคัญและเตรียมความพร้อมการเป็นกำลังคนด้านสะเต็ม (STEM Workforce) และ 4) การฝึกฝนให้ผู้เรียนแก้ปัญหาซับซ้อนหรือปัญหอนาคต โดยการทดลองออกแบบกิจกรรมสะเต็มศึกษาและใช้งานในประเทศไทยกว่าครึ่งทศวรรษที่ผ่านมา

คณะผู้เขียนขอเชิญชวนให้ครูนักออกแบบหรือนักการศึกษาที่สนใจการออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาลองผสมผสานคุณลักษณะเพิ่มเติม เช่น ความต้องการของลูกค้า สมรรถนะการคิดขั้นสูง บริบทจริงสู่ความท้าทาย การทดสอบและการทดสอบซ้ำด้วยหลักฐานเชิงประจักษ์ ความเป็นผู้ประกอบการ หรือประเด็นทางสิ่งแวดล้อมและความยั่งยืน ดังที่ได้จากการถอดบทเรียนการใช้งานกิจกรรมการเรียนรู้ข้างต้น โดยอาจเน้นที่คุณลักษณะหนึ่งๆ หรืออาจผสมผสานหลายคุณลักษณะเป็นแกนหลักของกิจกรรมสะเต็มศึกษาเพื่อลดระยะห่างระหว่างการเรียนรู้ในชั้นเรียนสู่การใช้ความรู้แก้ปัญหาจริงในชีวิตประจำวันของผู้เรียน

นอกเหนือจากนี้แนวทางข้างต้นยังเปิดโอกาสให้ครูนักออกแบบบทเรียนบูรณาการศาสตร์ได้ลองคิดและเลือกปรับใช้บริบทรอบตัวที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว ซึ่งจะกลายเป็นสถานการณ์ท้าทายหรือประเด็นตั้งต้นในการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม ไม่ว่าจะเป็นการบูรณาการแนวคิดเกี่ยวกับการใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการแก้ปัญหาสะเต็ม (STEM-AI) การผนวกเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนเป็นความท้าทายให้ผู้เรียนจินตนาการและพัฒนาแนวทางแก้ปัญหาเพื่อตอบสนองความต้องการระดับนานาชาติ (STEM-SDGs) หรือการผสมผสานแนวคิดบูรณาการเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียวเป็นฐานในการเรียนรู้สะเต็ม (STEM-BCG) คณะผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่าบทเรียนสะเต็มในประเทศไทยต่อจากนี้จะเต็มไปด้วยประเด็นตั้งต้นที่ไม่ใช่เพื่อตอบคำถามเกี่ยวกับ ‘อะไร (What)’ หรือ ‘สิ่งไหน (Which)’ ดีที่สุด แต่จะพลิกไปสู่ประสบการณ์เรียนรู้ที่ผู้เรียนบอกได้ว่า ‘ทำอะไร (How)’ หรือ ‘ทำไมจึงเป็นเช่นนั้น (Why)’ ภายใต้งานข้อจำกัดที่มี รวมทั้งเสนอแนวทางการปรับปรุงชิ้นงานหรือวิธีการ การแก้ปัญหา เพื่อพัฒนาขีดความสามารถของผู้เรียนจาก ‘ผู้ใช้งาน (User)’ ไปสู่การเป็น ‘นักพัฒนา (Developer)’ ได้กายภาพหน้า 



<https://www.arduino.cc/education/what-is-stem-education>

บรรณานุกรม

- Bybee, R. W. (2013). The Case for STEM Education: challenges and opportunities. *National Science Teachers Association*.
- Johnson, C. C. & Moore, T. J. & Peters-Burton, E. E. (2021). *STEM Road Map 2.0*. Routledge.
- Hanuscin, D. L. & de Araujo, Z. & Cisterna, D. & Lipsitz, K. & van Garderen, D. (2020). The Re-Novicing of Elementary Teachers in Science? Grade Level Reassignment and Teacher PCK. *Journal of Science Teacher Education*, 31(7): 780–801.
- Lertdechapat, K. & Faikhamta, C. (2021). Enhancing Pedagogical Content Knowledge for STEM Teaching of Teacher Candidates through Lesson Study. *International Journal for Lesson & Learning Studies*, 10(4): 331–347.
- Lyons, T. (2020). Seeing through the Acronym to the Nature of STEM. *Curriculum Perspectives*, 40(2): 225–231.
- Moore, T. J. & Johnson, C. C. & Peters-Burton, E. E. & Guzey, S. S. (2015). The Need for a STEM Road Map. In *STEM Road Map* (pp. 3–12). Routledge.
- NGSS Lead States. (2013). *Next Generation Science Standards: for states, by states*. National Academies Press.
- Ritz, J. M. & Fan, S. C. (2015). STEM and Technology Education: international state-of-the-art. *International Journal of Technology and Design Education*, 25: 429–451.
- Sanders, M. E. (2012). Integrative STEM Education as “best practice”. Retrieved June 13, 2025, from <https://www.vtechworks.lib.vt.edu/items/77391a5c-130a-4f22-a007-02bba40cb9eb>.



ภาพจาก: <https://babybilly.co/en/post/3023>

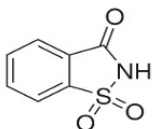
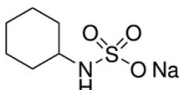
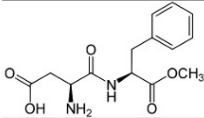
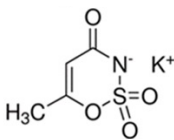
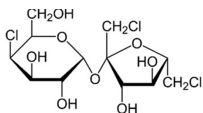
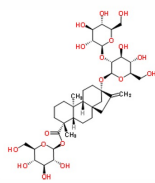
เปิดโลกสารให้ความหวานแทนน้ำตาล ด้วยวิทยาศาสตร์บูรณาการ

ในปัจจุบันมีการนำสารให้ความหวานแทนน้ำตาลมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มหลากหลายชนิด โดยเฉพาะเครื่องดื่มประเภท “ไม่มีน้ำตาล (Sugar-free)” ที่มักใช้เป็นจุดขายเพื่อดึงดูดผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพ แต่เคยสงสัยไหมว่าสารให้ความหวานแทนน้ำตาลเหล่านี้หวานได้อย่างไรและมีผลต่อร่างกายของเราอย่างไรบ้าง บทความนี้นำเสนอผ่านมุมมองวิทยาศาสตร์บูรณาการศาสตร์เพื่อให้ผู้อ่านมีความเข้าใจอย่างรอบด้านก่อนตัดสินใจบริโภคสารให้ความหวานแทนน้ำตาลเป็นประจำในชีวิตประจำวัน โดยนำเสนอในมุมมองของชีววิทยา เกี่ยวกับเรื่องของจุลินทรีย์ในลำไส้และผลกระทบต่อระบบทางเดินอาหารและไมโครไบโอม ในมุมมองทางเคมีในส่วน ของสมบัติทั่วไปทางเคมีและโครงสร้างของสารให้ความหวานแทนน้ำตาล และสุดท้ายในมุมมองทางฟิสิกส์เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของสารดังกล่าว

สารให้ความหวานแทนน้ำตาล เป็นวัตถุเจือปนอาหารชนิดหนึ่งที่ถูกนำมาใช้เพื่อให้ความหวานทดแทนน้ำตาล โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มหลัก คือ กลุ่มที่เป็นน้ำตาลแอลกอฮอล์ (Sugar Alcohols) ซึ่งจะสามารถให้พลังงานได้ และกลุ่มที่เป็นสารให้ความหวานแทนน้ำตาลที่ไม่มีคุณค่าทางโภชนาการ (Non- nutritive sweeteners, NNS) ให้พลังงานต่ำหรือไม่ให้พลังงาน (ออร์นาฏ มาตังคสมบัติ และ พนิดา ธีบุญศรีสังข์, 2562) โดยในบทความนี้มุ่งเน้นในการอธิบายผลกระทบของกลุ่มที่เป็นสารให้ความหวานแทนน้ำตาลที่ไม่มีคุณค่าทางโภชนาการ (Non Nutritive Sweeteners, NNS)

สารให้ความหวานแทนน้ำตาลที่ไม่มีคุณค่าทางโภชนาการนั้นให้พลังงานต่ำหรือแทบไม่ให้พลังงานเลย โดยสารดังกล่าวสามารถให้ความหวานได้มากกว่าน้ำตาลมากถึงแม้จะใช้ในปริมาณน้อย ขอยกตัวอย่างสารให้ความหวานแทนน้ำตาลที่ไม่มีคุณค่าทางโภชนาการที่เป็นที่รู้จักในประเทศไทย 5 ชนิด ได้แก่ แซ็กคาริน ไซคลาเมต แอสปาร์แตม เอซีซัลเฟม และสารสกัดจากใบหญ้าหวาน โดยมีสมบัติทั่วไปทางเคมีและโครงสร้าง ดังนี้ (Pang et al., 2021; Kapadiya และ Aparnathi., 2017; Jones et al., 2023; ปริญฐรัตน์ ธนวิทย์ภักดี และ ทรงศักดิ์ ศรีอนุชาติ, 2562; ณัฐวุฒิ ไลยน้ำเงิน, 2563)

ตารางแสดงสมบัติทั่วไปทางเคมีและโครงสร้างของสารให้ความหวานแทนน้ำตาล

ชนิดของสารให้ความหวานแทนน้ำตาล	โครงสร้าง	ชื่อทางเคมี	สูตรทางเคมี/สูตรโมเลกุล	ลักษณะทั่วไป	ค่าความหวานเมื่อเทียบกับ น้ำตาลซูโครส
แซ็กคาริน หรือ แซ็กคาริน (Saccharin)		o-sulfabenzamide (2, 3-dihydro-3- oxoben-zisulfonazole)	$C_7H_5NO_3S$	มีความทนต่อกรด ทนความร้อน และการอบ มีความสามารถในการละลายน้ำได้น้อย (0.2% ที่ 20°C)	มีความหวานมากกว่า 300 เท่า
ไซคลาเมต (Cyclamate หรือ Sodium cyclamate)		Sodium N-cyclohexyl sulfamate	$C_6H_{12}NO_3SNa$	เป็นผลึกสีขาว มีความสามารถในการละลายน้ำได้ดี สามารถทนต่ออุณหภูมิสูงในกระบวนการพาสเจอร์ไรส์	มีความหวานมากกว่า 30 เท่า
แอสปาร์แตม (Aspartame)		N-L-α aspartyl-L-phenylalanine-1-methyl ester	$C_{14}H_{18}N_2O_5$	เป็นผลึกสีขาว ไม่มีกลิ่น มีความสามารถในการละลายน้ำได้น้อย (ประมาณ 1.0% ที่ 25°C) และละลายในแอลกอฮอล์ได้เพียงเล็กน้อย ไม่ละลายในไขมันหรือน้ำมัน ทนต่ออุณหภูมิสูงในกระบวนการพาสเจอร์ไรส์	มีความหวานมากกว่า 180-200 เท่า
เอซีซัลเฟม เค (Acesulfame -K)		Oxathiazinone dioxide (potassium 6-methyl-1, 2, 3-oxathiazine-4(3H)-one-2, 2-dioxide หรือ 3, 4-dihydro-6-methyl-1, 2, 3-oxathiazin-4-one-2, 2-dioxide)	$C_4H_4KNO_4S$	เป็นผลึกของแข็งมีความสามารถในการละลายได้ดีในน้ำ (27% ที่ 20°C) ละลายได้เพียงเล็กน้อยในตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น เมทานอล เอทานอล และกลีเซอรอล	มีความหวานมากกว่า 200 เท่า
ซูคราโลส (Sucralose)		1,6-Dichloro-1,6-dideoxy-β-D-fructofuranosyl-4-chloro-4-deoxy-α-D-galactopyranoside หรือ 4,1',6'-trichloro-4,1', 6'-trideoxy-galactosucrose	$C_{12}H_{19}Cl_3O_8$	เป็นผลึกสีขาว ไม่มีกลิ่น มีความสามารถในการละลายน้ำได้ดี ทนต่อความร้อนสูง	มีความหวานมากกว่า 600 เท่า
สตีวียอลไกลโคไซด์ (Steviol glycoside) สารสกัดจาก ใบหญ้าหวาน		13-[(2-O-β-D-glucopyranosyl-β-D-glucopyranosyl) oxy] kaur-16-en-18-oic acid หรือ β-D-glucopyranosyl ester	$C_{35}H_{60}O_{18}$	เป็นผลึกสีขาว ไม่มีกลิ่น มีความสามารถในการละลายได้ดีในน้ำและตัวทำละลายมีขี้	มีความหวานมากกว่า 200-300 เท่า

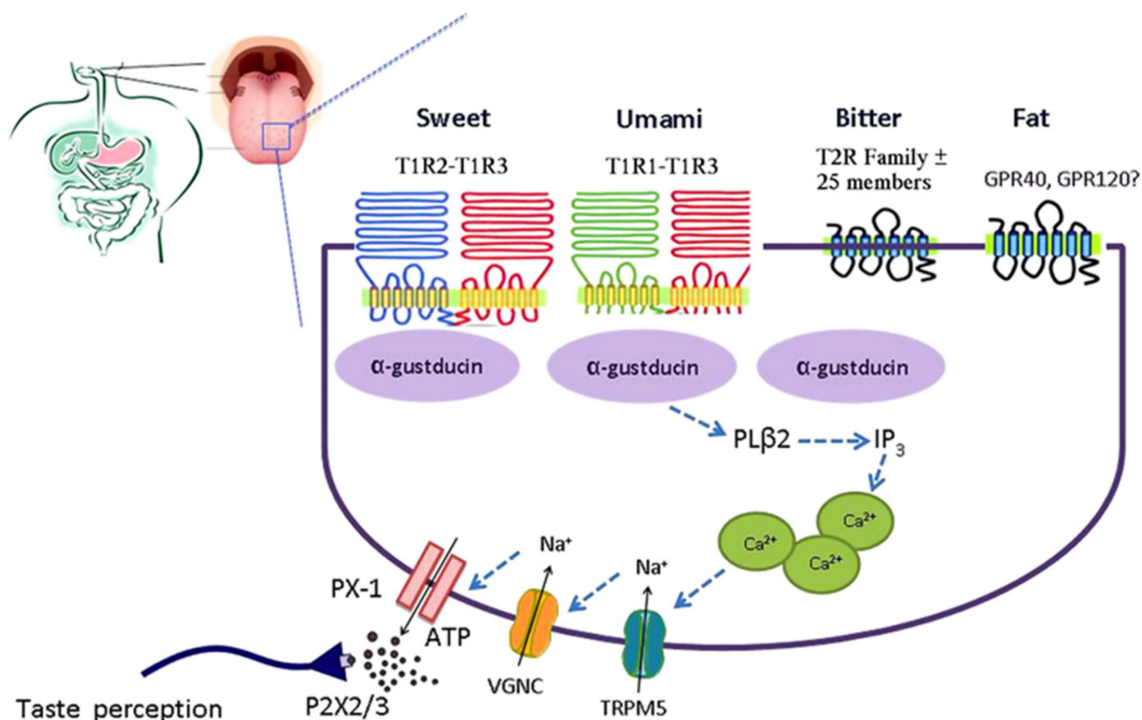
จากตาราง จะเห็นได้ว่าสมบัติทั่วไปทางเคมีและโครงสร้างของสารให้ความหวานแทนน้ำตาลแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติเฉพาะตัวที่แตกต่างกันแต่สารดังกล่าวนี้มีค่าความหวานมากกว่าน้ำตาลซูโครสหลายเท่าและส่วนใหญ่สามารถทนต่ออุณหภูมิสูง และมีความสามารถในการละลายในน้ำได้ดี ซึ่งสมบัตินี้เองจึงเหมาะกับการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่ม อย่างไรก็ตามการเลือกใช้ก็จำเป็นต้องคำนึงถึงสมบัติของสารและกระบวนการในการนำไปใช้ในการผลิตอาหารแต่ละประเภท

แล้วเหตุใดสารให้ความหวานแทนน้ำตาลจึงสามารถให้ความหวานได้ ก็เป็นอีกคำถามหนึ่งที่หลายคนสงสัยอยู่ไม่น้อย โดยเหตุผลที่สารให้ความหวานแทนน้ำตาลนั้นให้ความหวานได้เนื่องมาจาก สารดังกล่าวสามารถจับกับตัวรับรสหวานชนิด T1R2 และ T1R3 ซึ่งเป็นโปรตีนที่อยู่บนเยื่อหุ้มเซลล์ของเซลล์รับรสบนลิ้นจากนั้นจะกระตุ้นสัญญาณเคมีในเซลล์จนเกิดกระบวนการส่งสัญญาณภายในเซลล์ (Signal Transduction) ผ่าน

G-protein ชนิด α -gustducin และเอนไซม์ Phospholipase C β 2 (PLC β 2) จะกระตุ้นให้เกิดการสร้าง IP₃ (Inositol Triphosphate) จนส่งผลให้ระดับแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) ภายในเซลล์เพิ่มขึ้น จากนั้นจึงกระตุ้นให้เกิดการปล่อย ATP โดยจับกับตัวรับ P2X2/3 บนเส้นประสาท จากนั้นส่งสัญญาณไปยังสมองเราจึงสามารถรับรู้รสหวานได้ (Lee & Owyang, 2017)

จากงานวิจัยมีการกล่าวว่าสารให้ความหวานแทนน้ำตาลมีผลกระทบต่อจุลินทรีย์ในลำไส้และไมโครไบโอม โดยไมโครไบโอมในลำไส้หรือจุลินทรีย์ในลำไส้ (Gut Microbiota) คือ กลุ่มจุลินทรีย์ ได้แก่ แบคทีเรีย เชื้อรา และไวรัส ที่อาศัยอยู่ในทางเดินอาหารมีความหลากหลายของสายพันธุ์และหนาแน่นของจุลินทรีย์ โดยเฉพาะในลำไส้ใหญ่ที่พบอยู่มาก มีจำนวนเซลล์ของจุลินทรีย์เทียบเท่าหรือมากกว่าเซลล์ในร่างกายของมนุษย์เอง (Thursby และ Juge, 2017)

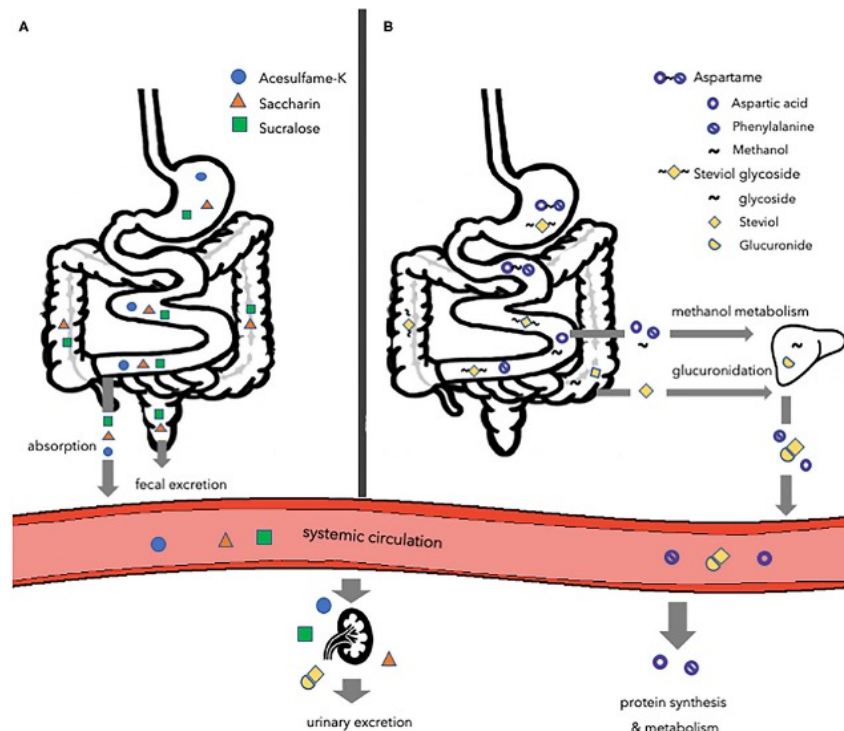
ส่วนไมโครไบโอมในลำไส้ (Gut Microbiome) คือ ชุดของ



ภาพ 1 จำลองชนิดของตัวรับรสและกระบวนการกระตุ้นและส่งสัญญาณไปยังสมอง
ที่มาภาพ : Lee, A. A., & Owyang, C. (2017) <https://www.mdpi.com/2072-6643/9/7/653>

สารพันธุกรรมทั้งหมด (Genomes) และผลิตภัณฑ์เมแทบอลิซึมที่ถูกสร้างขึ้นโดยจุลินทรีย์ในลำไส้ รวมถึงเอนไซม์ วิตามิน กรดไขมันสายสั้น (Short-chain Fatty Acids: SCFAs) และสารสื่อประสาทต่างๆ ซึ่งล้วนมีบทบาทสำคัญอย่างมากทั้งต่อสุขภาพที่เราคุ้นเคยเกี่ยวกับการย่อยอาหาร ไม่เพียงเท่านั้นยังมีบทบาทสำคัญต่อการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด เมแทบอลิซึมที่ผ่านการย่อยและการดูดซึมสารอาหารรวมถึงระบบภูมิคุ้มกัน (Thursby และ Juge, 2017) และยังส่งผลต่อการควบคุมฮอร์โมน สุขภาพจิตและระบบประสาทเนื่องมาจากจุลินทรีย์บางชนิดสามารถสังเคราะห์สารสื่อประสาทซึ่งเกี่ยวข้องกับการทำงานของสมอง (Liu et al., 2022)

งานวิจัยของ Pang et al. (2021) มีการระบุพบว่าแอสปาร์แตมไม่ส่งผลต่อไมโครไบโอมเนื่องจากแอสปาร์แตมถูกย่อยในลำไส้เล็กก่อนที่จะดูดซึมจึงส่งไปไม่ถึงลำไส้ใหญ่ ในขณะที่แซ็กคาริน ซูคราโลส และเอซิซัลเฟม เค แม้ไม่ได้ถูกย่อย แต่จะถูกดูดซึมบางส่วนแล้วขับออกทางปัสสาวะ โดยเฉพาะแซ็กคารินที่สามารถกระจายไปทั่วร่างกายก่อนขับออก ส่วนที่ถูกดูดซึมจะถูกขับออกทางอุจจาระ ส่วนสตีวียอลไกลโคไซด์ (Steviol Glycoside) ไม่ถูกย่อยและไม่ดูดซึมในระบบทางเดินอาหาร แต่จะถูกจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่ย่อยน้ำตาลกลูโคสจนกลายเป็นสตีวียอล (Steviol) ซึ่งจะถูกดูดซึมเข้าสู่ตับไปรวมตัวกับกรดกลูโคโรนิก (Glucuronic Acid) จนเกิดเป็นสตีวียอลกลูโคโรนิก (Steviol Glucuronide) และขับออกจาก



ภาพ 2 เส้นทางการดูดซึม การย่อย เมแทบอลิซึม และการขับของสารให้ความหวานแทนน้ำตาล
ที่มาภาพ : Pang MD et al. (2021)

ร่างกายทางไตในรูปของปัสสาวะ ดังภาพ 2

ขณะเดียวกันการบริโภคสารให้ความหวานแทนน้ำตาลที่ไม่มีคุณค่าทางโภชนาการส่งผลกระทบต่อร่างกายโดยเฉพาะต่อไมโครไบโอมในลำไส้ ซึ่งจากงานวิจัยต่างๆ ที่ศึกษาผลกระทบของสารดังกล่าวที่ส่งผลต่อไมโครไบโอมในลำไส้พบว่า การกระตุ้นตัวรับรสหวานในลำไส้อาจมีผลต่อการดูดซึมน้ำตาลหรือการหลั่งอินซูลินแม้ไม่ถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายโดยตรง นอกจากนี้ NNS บางชนิดรบกวนการสร้างมิวซินในเยื่อลำไส้ หรือการออกฤทธิ์ต่อแบคทีเรียบางชนิดในลักษณะคล้ายยาปฏิชีวนะ เช่น ทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ และลดจำนวนของแบคทีเรียกลุ่มที่ใช้กลูโคแซนของมิวซินเป็นแหล่งพลังงานหลักในการดำรงชีวิต เช่น *Akkermansia muciniphila* ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่สัมพันธ์กับสุขภาพของลำไส้และมีผลต่อเมแทบอลิซึม อีกทั้งส่งผลกระทบต่ออ้อมต่อเซลล์เยื่อบุผิวลำไส้ของเจ้าบ้านหรือโครงสร้างของไมโครไบโอมเอง (Suez et al., 2014)

นอกจากนี้ กระบวนการดูดซึมสารต่างๆ ในลำไส้ยังเกี่ยวข้องกับหลักการทางฟิสิกส์ โดยเฉพาะปรากฏการณ์ “การแพร่” (Diffusion) ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของสารให้ความหวานแทนน้ำตาลจากบริเวณที่มีความเข้มข้นสูงไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นต่ำผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ การแพร่ของโมเลกุลของสารดังกล่าวจะเข้าสู่เซลล์เยื่อบุลำไส้ได้ขึ้นอยู่กับขนาดความสามารถในการละลายในไขมัน และคุณสมบัติของเยื่อหุ้มเซลล์ และในบางกรณีการดูดซึมก็จะต้องอาศัยพาหะโปรตีน (Carrier Proteins) หรือพลังงานจาก ATP (Active Transport) ซึ่งก็เป็นหลักการที่เกี่ยวข้องกับฟิสิกส์ในเรื่องของแรง งานและพลังงานภายในเซลล์ (Alberts et al., 2015; Nelson และ Cox, 2017)

ผลกระทบของสารให้ความหวานแทนน้ำตาล จากงานวิจัยต่างๆ

มีผลกระทบต่อระบบต่างๆ หลายด้าน เช่น

ผลกระทบที่มีผลต่อการควบคุมน้ำตาลและภาวะดื้ออินซูลิน

ซึ่งจากผลการศึกษาของหนูที่ได้รับการบริโภคแอสปาร์แตมเป็นเวลานานพบว่า การวิเคราะห์องค์ประกอบของแบคทีเรียในลำไส้ในอุจจาระของหนูแสดงให้เห็นว่าแอสปาร์แตมเพิ่มจำนวนแบคทีเรีย *Enterobacteriaceae* และ *Clostridium leptum* จำนวนมาก ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับภาวะดื้ออินซูลิน (Palmläs et al., 2014)

การทดลองในมนุษย์ของ Thomson et al. (2019) โดยศึกษาผลของการบริโภคซูคราโลสในผู้ใหญ่อาสาสมัครผู้ชายสุขภาพดี 34 คน ในการบริโภคสารดังกล่าวปริมาณ 780 มก./วัน ต่อเนื่องกันเป็นเวลา 7 วัน พบว่าไม่พบการเปลี่ยนแปลงของการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด ผลลัพธ์สอดคล้องกับงานวิจัยการทดลองของ Pang et al. (2021) ที่มีการศึกษาผลของซูคราโลสในการทดลองกับมนุษย์โดยทดลองในผู้ใหญ่สุขภาพดีบริโภคสารดังกล่าวปริมาณ 36 - 780 มก./วัน พบว่าซูคราโลสไม่ได้ส่งผลกระทบต่อระดับน้ำตาลในเลือดหรือความไวต่ออินซูลิน แต่ซูคราโลสอาจลดความไวต่ออินซูลินเมื่อบริโภคร่วมกับคาร์โบไฮเดรต ซึ่งชี้ให้เห็นถึงปฏิสัมพันธ์ที่ซับซ้อนระหว่างสารให้ความหวานกับส่วนประกอบในอาหาร อย่างไรก็ตาม ยังต้องมีการติดตามผลการศึกษาในระยะยาวต่อมนุษย์ต่อไป

ผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงเมแทบอลิซึม

จากงานวิจัยที่ศึกษาทดลองกับหนูในระยะตั้งครรภ์ในการให้สารละลายที่มีส่วนผสมของสารให้ความหวานแทนน้ำตาล คือ ซูคราโลส และ อะซีซัลเฟมเค พบว่า ลูกหนูที่เกิดมามีการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบจุลินทรีย์ในลำไส้โดยพบการลดลงของ *Akkermansia muciniphila* ที่เป็นแบคทีเรียที่สำคัญส่งผลต่อ

ไมโครไบโอมในลำไส้และสุขภาพของลำไส้และมีผลกระทบต่อเมแทบอลิซึมของร่างกาย (Schneeberger et al., 2015; Olivier et al., 2019)

ผลกระทบต่อระบบภูมิคุ้มกัน การทดลองที่เกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกันจากการบริโภคสารให้ความหวานแทนน้ำตาล พบว่าการเปลี่ยนแปลงของของเมแทโบไลต์ เช่น การลดลงของกรดไขมันสายสั้น (SCFAs) ที่มีหน้าที่ในการควบคุมพลังงานระบบภูมิคุ้มกันและความสมดุลของลำไส้ (Liu et al., 2022)

ผลกระทบต่อระบบประสาท การทดลองในหนูเพศผู้ที่ได้รับสารละลายแอสปาร์แตมความเข้มข้น 0.015% และ 0.03% เป็นเวลา 16 สัปดาห์ พบว่ามีความบกพร่องด้าน ความจำระยะสั้น (Working Memory) และการเรียนรู้เชิงพื้นที่ (Spatial Learning) ที่น่าสนใจคือ แม้มูกของหนูทดลองจะเกิดจากการผสมพันธุ์กับหนูเพศเมียที่ไม่เคยได้รับแอสปาร์แตม แต่ลูกหลานก็ยังแสดงพฤติกรรมบกพร่องในลักษณะเดียวกัน สะท้อนถึงผลกระทบที่อาจถ่ายทอดข้ามรุ่นก็ได้



แม้ว่าสารให้ความหวานแทนน้ำตาลเป็นทางเลือกหนึ่งที่ตอบโจทย์ผู้บริโภคโดยเฉพาะใช้ในการควบคุมปริมาณน้ำตาล ลดพลังงานจากน้ำตาลในอาหารและเครื่องดื่มทั่วไป และมีคุณสมบัติที่สามารถใช้ในปริมาณน้อยแต่ยังคงให้รสหวานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีการประกาศใช้และได้รับการรับรองความปลอดภัยในการใช้จากหน่วยงานต่างๆ ของหลายประเทศ จึงสามารถใช้ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มและอาหารต่างๆ รวมถึงใช้ในการบริโภคในชีวิตประจำวัน อย่างไรก็ตาม ควรมีการใช้และบริโภคอย่างเหมาะสมตามปริมาณที่หน่วยงานสำคัญต่างๆ กำหนด หลีกเลี่ยงการใช้ในเด็กเล็ก สตรีมีครรภ์ หรือผู้มีโรคประจำตัวโดยไม่ปรึกษาแพทย์ และควรติดตามการศึกษาลักษณะผลกระทบต่างๆ ต่อผู้บริโภคสารให้ความหวานแทนน้ำตาลในระยะยาวต่อไป

แต่จะดีกว่าไหมถ้าหากเราหันมาปรับพฤติกรรมการบริโภคที่ลดการบริโภคผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่มีความหวานลง ให้ความสำคัญกับการเลือกรับประทานอาหารที่ดีต่อสุขภาพควบคู่กับการออกกำลังกาย เพื่อสร้างสมดุลที่แท้จริงให้กับร่างกายและชีวิตในระยะยาว



บรรณานุกรม

- Alberts, B. & Roberts K. & Lewis J. & Bray D. & Hopkin K. & Johnson A.D. & Walter P. & Raff M. (2015). *Essential Cell Biology*. Fourth edition. Garland Science, New York City.
- Jones, S. K. & McCarthy, D. M. & Stanwood, G. D. & Schatschneider, C. & Bhida, P. G. (2023). Learning and Memory Deficits Produced by Aspartame are Heritable Via the Paternal Lineage. *Scientific Reports*, 13: 14326. Retrieved November 3, 2025, from <https://doi.org/10.1038/s41598-023-41213-2>.
- Lee, A. & Owyang, C. (2017). Sugars, Sweet Taste Receptors, and Brain Response. *Nutrients*, 9(7): 653. <https://doi.org/10.3390/nu9070653>.
- Liu, J. & Tan, Y. & Cheng, H. & Zhang, D. & Feng, W. & Peng, C. (2022). Functions of Gut Microbiota Metabolites, Current Status and Future Perspectives. *Aging and Disease*, 13(4): 1106–1126. <https://doi.org/10.14336/AD.2022.0104>.
- Nelson, D. L. & Cox, M. (2017). *Lehninger Principles of Biochemistry*. 7th ed. Macmillan Learning.
- Olivier-Van Stichelen, S. & Rother, K. I. & Hanover, J. A. (2019). Maternal Exposure to Non-Nutritive Sweeteners Impacts Progeny's Metabolism and Microbiome. *Frontiers in Microbiology*, 10: 1360. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.01360>.
- Palrnäs, M. S. & Cowan, T. E. & Bomhof, M. R. & Su, J. & Reimer, R. A. & Vogel, H. J. & Hittel, D. S. & Shearer, J. (2014). Low-Dose Aspartame Consumption Differentially Affects Gut Microbiota-host Metabolic Interactions in the Diet-induced Obese Rat. *PloS one*, 9(10): e109841. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0109841>.
- Pang, M. D. & Goossens, G. H. & Blaak, E. E. (2021). The Impact of Artificial Sweeteners on Body weight Control and Glucose Homeostasis. *Frontiers in Nutrition*, 7: 598340. <https://doi.org/10.3389/fnut.2020.598340>.
- Schneeberger, M. & Everard, A. & Gómez-Valadés, A. G. & Matamoros, S. & Ramírez, S. & Delzenne, N. M., & Cani, P. D. (2015). Akkermansia Muciniphila Inversely Correlates with the Onset of Inflammation, Altered Adipose Tissue Metabolism and Metabolic Disorders During Obesity in Mice. *Scientific Reports*, 5: 16643. <https://doi.org/10.1038/srep16643>.
- Suez, J. & Korem, T. & Zeevi, D. et al. (2014). Artificial Sweeteners Induce Glucose Intolerance by Altering the Gut Microbiota. *Nature* 514: 181–186 <https://doi.org/10.1038/nature13793>.
- Thomson, P. & Santibañez, R. & Aguirre, C. & Galgani, J. E. & Garrido, D. (2019). Short-term Impact of Sucralose Consumption on the Metabolic Response and Gut Microbiome of Healthy Adults. *British Journal of Nutrition*, 122(8): 856–862. doi:10.1017/S0007114519001570.
- Thursby, E. & Juge, N. (2017). Introduction to the Human Gut Microbiota. *The Biochemical Journal*, 474(11): 1823–1836. <https://doi.org/10.1042/BCJ20160510>.
- ณัฐวุฒิ สายน้ำเงิน. (2563). ความสัมพันธ์ของสารให้ความหวานที่ใช้ทดแทนน้ำตาลกับประโยชน์เชิงสุขภาพ. *วารสารอาหาร*, 50(3): 24–31.
- ปริยรัตน์ ธนวิทย์ภักดี ทรงศักดิ์ ศรีอนุชาต. (2562). สารให้ความหวานแทนน้ำตาลเพื่อสุขภาพและการควบคุมน้ำหนัก. *Thai Journal of Science and Technology*, 8(1): 94–102. <https://doi.org/10.14456/tjst.2019.10>.
- อรณภา มาตังคสมบัติ, พนิดา ธัญญศรีสังข์. (2562). สารให้ความหวานแทนน้ำตาลกับผลต่อสุขภาพร่างกาย และสุขภาพช่องปาก. *วารสารทันตแพทย์สมาคมแห่งประเทศไทย*, 69(4): 379–385. <https://doi.org/10.14456/jdat.2019.46>



ภาพจาก: <https://orlandofamilyfunmag.com/science-shows/>

การแสดงทางวิทยาศาสตร์ (Science Show) เมื่อการเรียนรู้กลายเป็นเวทีแสดงไอเดีย

การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในระดับประถมศึกษา ไม่ใช่เพียงการอ่านเพื่อท่องจำเนื้อหา การสื่อสารทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะสำคัญที่นักเรียนควรได้รับการส่งเสริมในชั้นเรียนปกติ โดยครูมีบทบาทเป็นผู้สร้างเวทีให้กับผู้เรียนทุกคนอย่างเท่าเทียมและทั่วถึง



ที่มาภาพ <https://sabbathmoodhomeschool.com/elementary-science-form-ii-grades-4-6/>



ที่มาภาพ <https://www.ay-sci.go.th/aynew/650707-1/>

จุดเริ่มต้นของการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์

การสื่อสารถือเป็นหัวใจของการทำงานทางวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์ไม่เพียงทำการทดลองในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ แต่ยังต้องถ่ายทอดผลการค้นพบให้คนอื่นเข้าใจได้ ทั้งเพื่อนนักวิทยาศาสตร์ และประชาชนทั่วไป เพราะความรู้ที่ไม่ถูกสื่อสารย่อมไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ (Hunter, 2016; Illingworth & Allen, 2020) ตัวอย่างที่เห็นชัดคือ การฝึกอบรมของ Alan Alda Center for Communicating Science และกิจกรรมระดับโลกอย่าง FameLab ที่ใช้เวทีการแข่งขันเพื่อเชื่อมโยงวิทยาศาสตร์กับผู้คน (Lindenfeld, 2021; Leshner, 2003; สรนิติ ศีลธรรม, 2562) สิ่งเหล่านี้สะท้อนว่าการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ไม่ใช่เรื่องเสริม แต่คือ

ทักษะหลักที่นักวิทยาศาสตร์และผู้เรียนวิทยาศาสตร์ต้องมี

จากห้องเรียนสู่เวทีการแสดงผลทางวิทยาศาสตร์

งานวิจัยล่าสุดได้นำแนวคิดนี้มาปรับใช้กับการเรียนการสอนในโรงเรียน โดยออกแบบ “รายวิชาการแสดงผลทางวิทยาศาสตร์” สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เน้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมตั้งแต่การคิดหัวข้อ ออกแบบการทดลอง เขียนสคริปต์ ไปจนถึงการขึ้นเวทีจริง จุดเด่นคือ ทุกคนมีบทบาท ไม่ว่าจะเป็นผู้นำเสนอ ผู้ออกแบบสื่อ หรือผู้ทดลอง ทำให้การเรียนรู้ไม่ได้จำกัดแค่การท่องจำ แต่คือ การ “ลงมือทำ” และ “เล่าเรื่อง วิทยาศาสตร์ด้วยตัวเอง”



นักเรียนได้เรียนรู้ผ่านการลงมือทำ และเล่าเรื่องด้วยตัวเอง ทุกคนมีบทบาท ไม่ว่าจะเป็นผู้นำเสนอ ผู้ออกแบบสื่อ หรือผู้ทดลอง

1. เลือกหัวข้อใกล้ตัวที่น่าสนใจและเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน
2. ออกแบบการทดลองและวางแผนการแสดง
3. เขียนสคริปต์โดยใช้ทั้งศัพท์วิทยาศาสตร์และภาษาที่เข้าใจง่ายในชีวิตประจำวัน
4. เตรียมสื่อประกอบ เช่น แผนภาพ กราฟ หรืออุปกรณ์เสริม
5. นำเสนอผลงานจริง พร้อมแนะนำและปรับปรุง

แบบบันทึกการเขียนร่างสคริปการนำเสนอทางวิทยาศาสตร์เรื่อง Wonder land แดนไอศกรีม

คำชี้แจง: นักเรียนจัดทำร่างสคริปการนำเสนอทางวิทยาศาสตร์ตามโครงงานสำเร็จซึ่งทำไว้โดยสามารถสืบค้นและรวบรวมข้อมูลความรู้ทางวิทยาศาสตร์และข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติมนำเสนอผ่านสคริปต์ให้ผู้สอนประเมิน: จารุวรรณและครูผู้สอนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2 ท่านอ่านและให้ข้อเสนอแนะ: นำข้อเสนอนั้นมาปรับปรุงพัฒนาวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์

ที่มาขององค์ความรู้และหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในบท

- หลักการหลอมเหลวของไอศกรีม**

การหลอมเหลว (melting) คือการเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลวเมื่อได้รับความร้อน โดยเฉพาะไอศกรีมจะเปลี่ยนหลอมเหลวเป็นของเหลวที่อุณหภูมิสูงกว่าจุดเยือกแข็งของส่วนผสม

🔗 ที่มา:

 - สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2563). คู่มือครูวิทยาศาสตร์ ม.ต้น เล่ม 1. กรุงเทพฯ: สสวท.
 - University of Illinois Extension. (n.d.). [The Science of Ice Cream](#)
- กลไกการที่ไอศกรีมด้วยเกลือและน้ำแข็ง**

เกลือช่วยลดจุดเยือกแข็งของน้ำ ทำให้น้ำแข็งเย็นลงจนถึงความเย็นจากของเหลวไปถึง ทำให้ของเหลวเย็นลงและกลายเป็นไอศกรีม

🔗 ที่มา:

 - American Chemical Society. (n.d.). [Why Do We Add Salt to Ice When Making Ice Cream?](#)
 - BBC Science Focus. (2020). [How does salt make ice cream freeze faster?](#) Retrieved from <https://www.sciencefocus.com>
- ความแตกต่างของคำว่า "ละลาย" กับ "หลอมเหลว"**

"หลอมเหลว" คือ การเปลี่ยนสถานะของแข็งเป็นของเหลว ส่วน "ละลาย" คือ การผสมกันของสารตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปเข้าตาละลายในน้ำ

🔗 ที่มา:

 - สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)
 - จินกรเกษมวิภาส, อ. (2561). เอกสารประกอบการสอนวิทยาศาสตร์ ป.6 เรื่อง สถานะของสาร.
- ประวัติศาสตร์ในมาของไอศกรีม**

มีหลักฐานว่าชาวโรมันใช้หินและน้ำแข็งห่อหุ้มหวานตั้งแต่ 2,000 ปีก่อน และยุโรปโดยเฉพาะอิตาลีพัฒนาเป็นไอศกรีมคล้ายปัจจุบัน

🔗 ที่มา:

 - Smithsonian Magazine. (2012). [The History of Ice Cream](#)



บทเรียนที่ครูได้เรียนรู้

ครูพบว่า การแสดงทางวิทยาศาสตร์ไม่เพียงกระตุ้นความสนใจของนักเรียน แต่ยังทำให้นักเรียนได้ฝึกการทำงานเป็นทีม การแก้ปัญหาเฉพาะหน้า และการสร้างสรรค์วิธีเล่าเรื่อง ครูมีบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวก (Facilitator) คอยชี้แนะและเปิดโอกาสให้นักเรียนเป็นเจ้าของการเรียนรู้ ซึ่งต่างจากการสอนแบบเดิมที่ครูเป็นผู้กำหนดเกือบทั้งหมด กิจกรรมนี้พิสูจน์ว่า “วิทยาศาสตร์ไม่จำเป็นต้องอยู่แค่ในตำรา” แต่สามารถกลายเป็นการเล่าเรื่องที่สร้างแรงบันดาลใจ และเป็นเวทีที่เปิดโอกาสให้นักเรียนทุกคนได้ฝึกคิด ฝึกสื่อสาร และฝึกทำงานเป็นทีมอย่างเท่าเทียม ที่สุดแล้วนักเรียนไม่เพียงได้ความรู้ แต่ยังได้ทักษะชีวิตที่ติดตัวไปใช้ในอนาคต



บทบาทของครูเปลี่ยนจากผู้สอนไปสู่การเป็นโค้ช ที่คอยสนับสนุนอยู่เบื้องหลัง

บทบาทของครูเปลี่ยนจากผู้สอนไปสู่การเป็นโค้ชที่คอยสนับสนุนอยู่เบื้องหลัง

ครูทำหน้าที่ออกแบบและอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมการแสดงทางวิทยาศาสตร์แทนการถ่ายทอดเนื้อหาเพียงอย่างเดียว เปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิด วางแผน ทดลอง และนำเสนอผลงานด้วยตนเองอย่างเป็นขั้นตอน กระบวนการดังกล่าวช่วยส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ทั้งด้านการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา การทำงานเป็นทีม การสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งเกิดจากการลงมือปฏิบัติจริงและการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในระหว่างเตรียมและนำเสนอการแสดง ครูจึงมีบทบาทในการชี้แนะ สนับสนุน และให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อเสริมพลังให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาทักษะเหล่านี้ได้อย่างเต็มศักยภาพ

กิจกรรมนี้ยังสอดคล้องกับสมรรถนะหลักที่หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 และร่างหลักสูตรใหม่ พ.ศ. 2564 เน้นย้ำ คือ “ความสามารถในการสื่อสาร” และ “การใช้ภาษาและสื่อวิทยาศาสตร์” (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551; 2564) เมื่อนักเรียนสามารถเล่าเรื่องวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้องและเข้าใจง่ายก็ย่อมก้าวสู่การเป็นพลเมืองที่มีความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific literacy) ตามที่ Burns, O'Connor และ Stockmayer (2003) กล่าวไว้



เสียงสะท้อนจากนักเรียน

หลายคนเล่าว่าตอนแรกไม่กล้าพูดต่อหน้าคนจำนวนมาก แต่พอได้ฝึกซ้อมและขึ้นแสดงจริง ความตื่นตันทันทีกลับกลายเป็นความสนุก บางคนค้นพบว่าตนเองชอบการเล่าเรื่อง บางคนภูมิใจที่ทำให้เพื่อนๆ เข้าใจแนวคิดที่ยากได้ง่ายขึ้น การแสดงทางวิทยาศาสตร์จึงไม่ได้เป็นแค่กิจกรรม แต่เป็นการสร้างประสบการณ์ที่เปลี่ยนทัศนคติของนักเรียนต่อวิชาวิทยาศาสตร์

ก้าวต่อไปของการเรียนวิทยาศาสตร์ไทย

ผลการวิจัยยืนยันว่า การแสดงทางวิทยาศาสตร์ (Science Show)

เป็นแนวทางที่สามารถยกระดับทักษะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์และความเข้าใจของนักเรียนได้จริง โรงเรียนสามารถนำไปปรับใช้ได้ทั้งในรายวิชาพื้นฐาน รายวิชาเพิ่มเติม หรือกิจกรรมเสริม ทำให้นักเรียนทุกคนไม่ว่าจะมีพื้นฐานแค่ไหนก็ได้โอกาสฝึกฝน และพร้อมก้าวสู่เวทีที่ใหญ่ขึ้น เช่น การแข่งขันวิทยาศาสตร์ระดับภูมิภาคและระดับประเทศ

สรุป การแสดงทางวิทยาศาสตร์ (Science Show) ไม่ใช่เพียงกิจกรรมเสริม แต่คือเครื่องมือทรงพลังที่ทำให้การเรียนรู้มีชีวิต เด็กๆ ได้ทั้งความรู้ ทักษะการสื่อสาร และความมั่นใจ ขณะที่ครูได้เห็นศักยภาพใหม่ๆ ของนักเรียน เมื่อห้องเรียนกลายเป็นเวทีแสดงไอเดีย วิทยาศาสตร์ก็กลายเป็นเรื่องสนุกที่ทุกคนเข้าถึงได้

บรรณานุกรม

- Burns, T. & O'Connor, J. & Stocklmayer, S. (2003). Science Communication: a contemporary definition. *Public Understanding of Science – PUBLIC UNDERST SCI*, 12: 183–202. <https://doi.org/10.1177/09636625030122004>.
- Hunter, P. (2016). The Communications Gap Between Scientists and Public. *EMBO reports*, 17(11): 1513–1515. <https://doi.org/https://doi.org/10.15252/embr.201643379>.
- Illingworth, S. & Allen, G. (2020). *Effective Science Communication (Second Edition)*. IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/978-0-7503-2520-2>.
- Kulgemeyer, C. & Schecker, H. (2013). Students Explaining Science – Assessment of Science Communication Competence. *Research in Science Education*. <https://doi.org/10.1007/s11165-013-9354-1>.
- Leshner, A. I. (2003). Public Engagement with Science. *Science*, 299(5609), 977–977. <https://doi.org/10.1126/science.299.5609.977>.
- Lindenfeld, L. (2021). Scientists Need to be Better Communicators—and They Know It. *Trend Magazine*.
- Roslan, R. & Panjang, S. & Yusof, N. & Shahrill, M. (2018). Teacher's Feedback in Teaching Science in a Bilingual Bruneian Primary Classroom. *On the Horizon*, 26. <https://doi.org/10.1108/OTH-09-2017-0080>.
- Spektor-Levy, O. & Eylon, B.S. & Scherz, Z. (2009). Teaching Scientific Communication Skills in Science Studies: does it make a difference? *International Journal of Science and Mathematics Education*, 7: 875–903. <https://doi.org/10.1007/s10763-009-9150-6>.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์แห่งประเทศไทย.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2564). Competency - Based Education, Curriculum Framework. <https://cbethailand.com/หลักสูตร-2/กรอบหลักสูตร/หลักการ/>.
- ธนกร อรรถนาวิน. (2558). การพัฒนาความสามารถในการสื่อสารวิทยาศาสตร์และการทำงานเป็นทีมโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบแสวงหาความรู้เป็นกลุ่มของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 [ปริญญาโทปริญาโทมหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย] <https://digital.car.chula.ac.th/cgi/viewcontent.cgi?article=10124&context=chulaetd>.
- ลัดดาวัลย์ กันธุวรรณ. (2554). 59 กลวิธีวิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: นานมีบุ๊คส์พับลิเคชั่นส์.
- สรนิต ศิลธรรม. (2562). 'FameLab' แพลตฟอร์มกระตุ้นคนสายวิทย์ คิดแล้วต้องสื่อสารสู่สาธารณะ. <https://www.salika.co/2019/01/21/famelab-thailand-2019/>.
- องค์การพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ. (2566). คู่มือพัฒนาการแสดงทางวิทยาศาสตร์ (Science Shows). กรุงเทพมหานคร.



ภาพจาก: <https://medium.com/technology-hits/empowerment-coaching-divine-proportion-a-myth-or-an-imprint-of-the-divine-mathematician-6423ce9019ba>

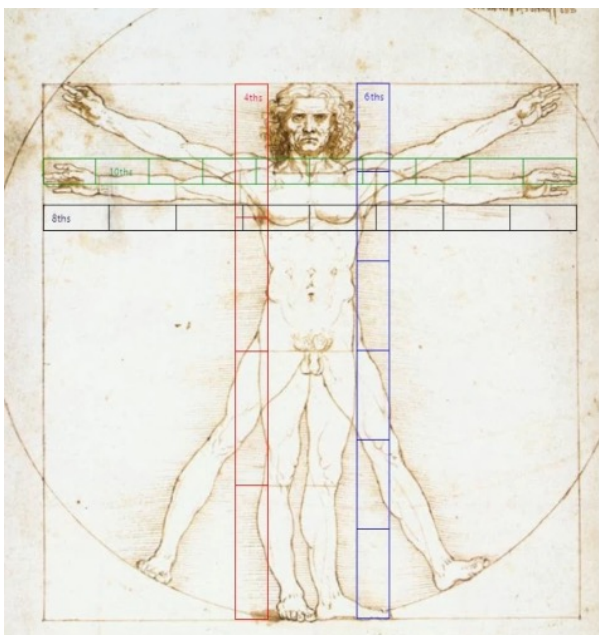
Numbers in the Human Body

คณิตศาสตร์ที่ซ่อนอยู่ในร่างกายมนุษย์

ร่างกายมนุษย์เป็นระบบชีวภาพที่ประกอบด้วยโครงสร้างและกระบวนการทำงานซับซ้อน ซึ่งหลาย ๆ ส่วนสามารถอธิบายหรือจำลองได้ด้วยหลักการทางคณิตศาสตร์ ไม่ว่าจะเป็นรูปแบบทางเรขาคณิตของโครงสร้างร่างกาย อัตราส่วนที่พบในสัดส่วนของอวัยวะ จังหวะการเต้นของหัวใจที่เกิดเป็นคาบเวลา การเคลื่อนไหวของร่างกายตามกฎกลศาสตร์ บทความนี้จะยกตัวอย่าง 6 มิติ ที่คณิตศาสตร์มีบทบาทในร่างกายมนุษย์ โดยแต่ละมิติจะยกตัวอย่างทางวิทยาศาสตร์หรือการแพทย์ที่เกี่ยวข้อง พร้อมทั้งอธิบายแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่สัมพันธ์อย่างชัดเจนและเข้าใจง่าย

1. อัตราส่วนของค่าและสัดส่วนในอวัยวะ

อัตราส่วนของค่า (Golden Ratio) เป็นค่าคงที่ทางคณิตศาสตร์ซึ่งมีค่าโดยประมาณ 1.618 เป็นที่รู้จักว่าเป็นสัดส่วนที่มีความสมดุลและให้ความงามตามธรรมชาติ จึงถูกนำไปใช้ในงานศิลปะและสถาปัตยกรรม ในบริบทของร่างกายมนุษย์ก็มีการกล่าวถึงอัตราส่วนของค่าในโครงสร้างของอวัยวะและสัดส่วนของร่างกายด้วย นักกายวิภาคและศิลปินในอดีต เช่น เลโอนาร์โด ดา วินชี ได้ศึกษาสัดส่วนของร่างกายมนุษย์และสังเกตว่าบางส่วนของร่างกายมีค่าใกล้เคียงกับ 1.618 จนเรียกว่า “สัดส่วนเทพเจ้า” (Divine Proportion) ตัวอย่างเช่น อัตราส่วนระหว่างความยาวปลายแขนท่อนล่างต่อความยาวฝ่ามือของมนุษย์มักอยู่ใกล้เคียง 1.618 เช่นเดียวกับอัตราส่วนระหว่างระยะจากคิ้วถึงปลายจมูกต่อระยะจากปลายจมูกถึงคาง และอัตราส่วนระหว่างความสูงทั้งร่างกายต่อความสูงถึงสะดือ



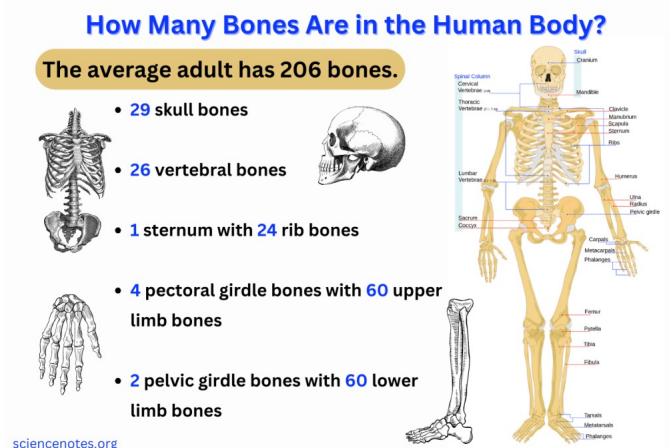
ภาพ 1 แสดงถึงสัดส่วนโครงสร้างร่างกาย (Divine Proportion)
ที่มา: goldennumber.net

อย่างไรก็ตาม ในความเป็นจริงร่างกายของแต่ละบุคคลมีความหลากหลายสูง สัดส่วนเหล่านี้เป็นเพียงค่าเฉลี่ยคร่าว ๆ เท่านั้น และไม่ได้ตรงกับ 1.618 อย่างตายตัวในทุกคน นักวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาเรื่องนี้พบว่าบางสัดส่วนในร่างกายอาจมีค่าใกล้เคียง 1.6 ก็จริง แต่ไม่มีหลักฐานที่ชัดเจนว่าสัดส่วนของมนุษย์ถูก “กำหนดรหัส” ให้เป็นอัตราส่วนของค่าในทุกกรณี ฉะนั้น อัตราส่วนของค่าจึงเป็นเพียงแนวคิดเชิงทฤษฎีที่ช่วยอธิบายความลงตัวของสัดส่วนในอุดมคติมากกว่าจะเป็นกฎตายตัวของชีววิทยา

2. จำนวนกระดูกในร่างกายและการจัดหมวดหมู่ทางคณิตศาสตร์

ร่างกายมนุษย์ประกอบด้วยโครงสร้างกระดูกที่เป็นเสมือน “โครงร่าง” ของร่างกาย โดยทารกแรกเกิดมีประมาณ 270 ชิ้น แต่เมื่อเจริญเติบโตกระดูกบางส่วนจะเชื่อมรวมกันจนเหลือ 206 ชิ้นในผู้ใหญ่ ซึ่งเป็นตัวอย่างของการรวมองค์ประกอบย่อยให้เป็นหน่วยใหญ่ขึ้นในเชิงคณิตศาสตร์ การจัดระบบกระดูกสามารถแบ่งได้เป็นสองกลุ่มใหญ่ คือ กระดูกแกนกลาง (Axial Skeleton) 80 ชิ้น ได้แก่ กระโหลกศีรษะ กระดูกสันหลัง ซีโรน และอก กระดูกแขนขา (Appendicular Skeleton) 126 ชิ้น ได้แก่ กระดูกแขน ขา ไหล่ และเชิงกราน

เมื่อบวกเข้าด้วยกันจะได้ 206 ชิ้นพอดี ซึ่งเป็นการใช้หลักการการนับและการบวกในคณิตศาสตร์อย่างตรงไปตรงมา นอกจากนี้ ยังมี การประยุกต์แนวคิดทางคณิตศาสตร์ เช่น เรขาคณิตเชิงวิเคราะห์ที่ใช้ในการวัดความโค้ง ความยาว และมุมของกระดูก ทฤษฎีกราฟ (Graph Theory) ใช้จำลองเครือข่ายการเชื่อมโยงของข้อต่อที่เชื่อมกระดูกเข้าด้วยกัน สิ่งเหล่านี้เป็นรากฐานสำคัญในการแพทย์สมัยใหม่ เช่น การออกแบบขาเทียม การผ่าตัดกระดูก และกายวิภาคศาสตร์เชิงคำนวณ



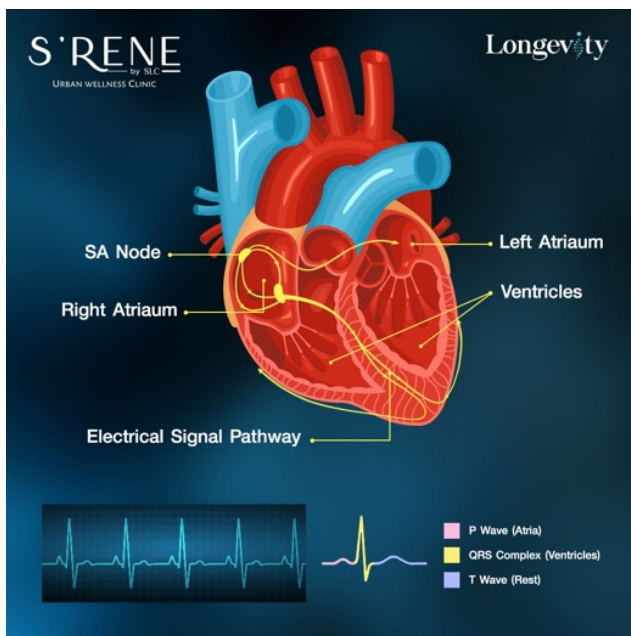
ภาพ 2 แสดงถึงจำนวนกระดูกในร่างกายมนุษย์
ที่มา: <https://sciencenotes.org/how-many-bones-are-in-the-human-body/>

3. การทำงานของระบบหมุนเวียนโลหิตและชีพจรในมุมมองของคลื่นหรือคาบเวลา

หัวใจของคนเราจะเต้นเป็นจังหวะสม่ำเสมอโดยเฉลี่ยประมาณ 60 - 100 ครั้งต่อนาที ซึ่งแต่ละรอบการเต้น (ประกอบด้วยช่วงที่หัวใจบีบตัวและคลายตัว) ถือเป็นหนึ่งคาบเวลาของการเต้นของหัวใจ (ประมาณ 0.8 - 1 วินาทีต่อครั้ง) การเต้นเป็นจังหวะนี้ส่งผลให้ความดันโลหิตและการไหลเวียนของเลือดในหลอดเลือดมีลักษณะเป็นคลื่นที่ขึ้นสูงและลดต่ำ

สลับกันไปตามจังหวะการเต้นของหัวใจ กล่าวคือ เมื่อหัวใจบีบตัว ความดันเลือดจะเพิ่มขึ้นและเกิดคลื่นความดันส่งผ่านไปตามหลอดเลือด และเมื่อหัวใจคลายตัว ความดันจะลดลงก่อนจะสูงขึ้นอีกครั้งในการเต้นครั้งถัดไป ลักษณะเช่นนี้ที่กล่าวมาสามารถอธิบายได้ด้วยฟังก์ชันคาบ (Periodic Function) ทางคณิตศาสตร์ เช่น ฟังก์ชันไซน์หรือโคไซน์ ซึ่งมีรูปคลื่นซ้ำรอบเหมือนเดิมทุกคาบ โดยที่ความสูงของคลื่น (แอมพลิจูด) แทนค่าความดันหรืออัตราการไหลสูงสุด และความถี่ของคลื่นเท่ากับอัตราการเต้นของหัวใจ (จำนวนครั้งต่อวินาที) นักคณิตศาสตร์สามารถใช้สมการคลื่น (Wave Equation) ซึ่งเป็นสมการเชิงอนุพันธ์ย่อยในการอธิบายการแพร่กระจายของคลื่นความดันนี้ไปตามผนังหลอดเลือด โดยอัตราเร็วของการเคลื่อนที่ของคลื่นจะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น ความยืดหยุ่นของผนังหลอดเลือดและความหนืดของเลือด

การวิเคราะห์สัญญาณชีพจรของร่างกายก็อาศัยหลักการทางคณิตศาสตร์เช่นกัน ยกตัวอย่างสัญญาณเสียงหัวใจหรือสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (ECG) ซึ่งเป็นคลื่นที่มีรูปแบบซับซ้อน สามารถนำมาวิเคราะห์ด้วยการทำ ฟूरियร์ทรานส์ฟอร์ม (Fourier Transform) เพื่อแยกองค์ประกอบของสัญญาณออกมาเป็นคลื่นไซน์ความถี่ต่างๆ ที่รวมกันอยู่ในสัญญาณนั้น



ภาพ 3 แสดงถึงการตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจด้วยเครื่อง EKG
ที่มา : <https://srenebyslc.com/blogs/longevity-wellness/electrocardiography-ekg/>

หลังจากได้กราฟผลลัพธ์การตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจด้วยเครื่อง EKG แล้ว แพทย์จะเช็คอัตราการเต้นของหัวใจว่ามีความสม่าเสมอเป็นปกติไหม มีหัวใจที่เต้นผิดจังหวะหรือเปล่า (อัตราการเต้นของหัวใจที่ปกติจะอยู่ที่ 60-100 ครั้ง/นาที อัตราการเต้นหัวใจเร็วจะมากกว่า 100 ครั้ง/นาที และอัตราการเต้นหัวใจช้าจะอยู่ที่ 30 - 40 ครั้ง/นาที) และนอกจากนี้ กราฟไฟฟ้าหัวใจยังบอกถึงความสัมพันธ์ในการทำงานของหัวใจของบนและห้องล่างว่ามีความผิดปกติหรือไม่ โดยผลตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจดูจากกราฟได้ง่ายๆ ดังนี้

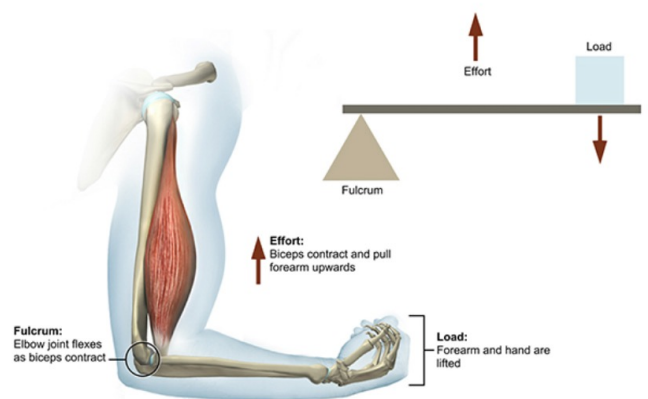
ห้องหัวใจส่วนบน เป็นจุดเริ่มต้นของการเต้นของหัวใจ สร้างคลื่นลูกแรก หรือ “คลื่น P”

ห้องหัวใจส่วนล่าง จะสร้างคลื่นถัดไปที่เรียกว่า QRS complex คลื่นสุดท้ายหรือ “คลื่น T” จะแสดงถึงหัวใจที่ได้พักหรือฟื้นตัวหลังจากการเต้น

4. คณิตศาสตร์ในการเคลื่อนไหวและชีวกลศาสตร์

การเคลื่อนไหวของร่างกายมนุษย์เป็นไปตามหลักกลศาสตร์แบบเดียวกับวัตถุทั่วไป แต่มีความซับซ้อนมากขึ้นเนื่องจากร่างกายประกอบด้วยกระดูก ข้อต่อ และกล้ามเนื้อมากมาย ชีวกลศาสตร์ (Biomechanics) คือ สาขาวิชาที่ประยุกต์หลักการทางฟิสิกส์และคณิตศาสตร์มาศึกษาการเคลื่อนไหวและแรงที่เกิดขึ้นในร่างกาย ในเชิงคณิตศาสตร์ เราสามารถใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันและสมการทางฟิสิกส์พื้นฐานอธิบายการเคลื่อนที่ได้ เช่น ความเร็ว = ระยะทาง ÷ เวลา และแรง = มวล x ความเร่ง ซึ่งสามารถนำไปคำนวณการเคลื่อนที่ของส่วนต่างๆ ของร่างกายขณะเดิน วิ่ง หรือตอนออกแรงยกของ

หนึ่งในแนวคิดสำคัญของชีวกลศาสตร์คือ การมองส่วนต่างๆ ของร่างกายเป็นระบบคานงัด (Lever System) โดยมีกระดูกเป็นคาน ข้อต่อเป็นจุดหมุน (Fulcrum) และกล้ามเนื้อทำหน้าที่ออกแรง (Effort) เพื่อเอาชนะแรงต้าน (Load) เช่น น้ำหนักของอวัยวะหรือวัตถุที่ถืออยู่ ร่างกายมนุษย์มีทั้งคานระดับหนึ่ง สอง และสาม กระจัดอยู่ตามข้อต่อต่างๆ ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดคือ ข้อศอก ซึ่งเป็นคานระดับที่สาม กล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ทำหน้าที่ออกแรงดึงกระดูกปลายแขนให้เกิดการงอข้อศอก โดยตำแหน่งเกาะของกล้ามเนื้ออยู่ใกล้กับข้อศอก (จุดหมุน) ส่วนวัตถุหรือของที่ถืออยู่จะอยู่ห่างจากข้อศอกออกไป ทำให้กล้ามเนื้อต้องออกแรงมากกว่า น้ำหนักของวัตถุเนื่องจากแขนของแรง (Effort Arm) สั้นกว่าแขนของน้ำหนัก (Load Arm) กล่าวคือ อยู่ในสภาวะเสียเปรียบเชิงกล



ภาพ 4 ระบบคานงัดการงอข้อศอกโดยมีกระดูกเป็นคาน
ที่มา : Visible Body Suite.

ในทางกลับกันที่ข้อเท้า ขณะเขย่งปลายเท้ายกสัน (การกระดกข้อเท้าเพื่อยืนเขย่ง) กล้ามเนื้อน่อง (กล้ามเนื้อแกสโตรอกนีเมียส) ทำงานเป็นคานระดับที่สอง โดยมีจุดหมุนอยู่ที่ปลายเท้า น้ำหนักตัวอยู่ตรงกลาง

และแรงของกล้ามเนื้อออกที่สันเท้า ระยะจากจุดหมุนถึงจุดออกแรงยาวกว่า ระยะถึงน้ำหนัก จึงเกิดอัตราส่วนแขนของแรงต่อแขนของน้ำหนักสูง ทำให้ระบบนี้ได้เปรียบเชิงกลและสามารถยกน้ำหนักตัวได้ง่ายกว่าการยกของ ด้วยข้อออกมาว่ากล้ามเนื้อจะมีกำลังใกล้เคียงกัน แนวคิดเรื่องคานงัดนี้ ช่วยอธิบายว่าทำไมการจัดวางตำแหน่งการเกาะของกล้ามเนื้อและข้อต่อ ที่ต่างกันจึงให้ประสิทธิภาพในการเคลื่อนไหวไม่เท่ากัน

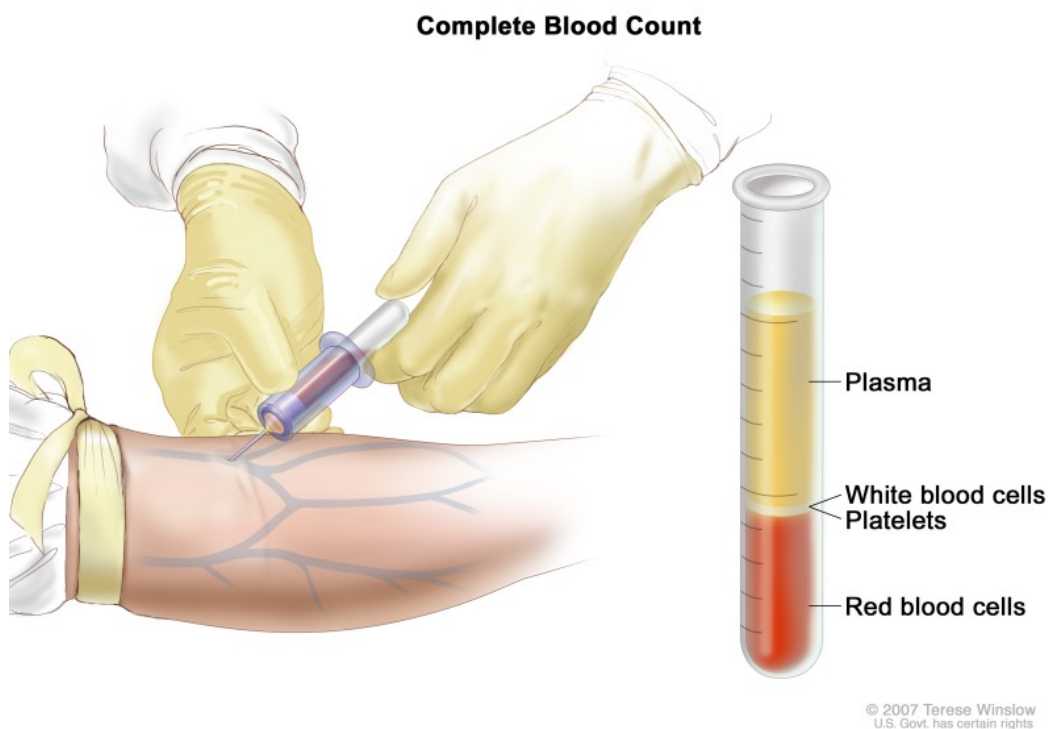
นอกจากเรื่องคานงัดแล้ว ชีวกลศาสตร์ยังใช้คณิตศาสตร์ในการ คำนวณจุดศูนย์กลางถ่วง (Center of Mass) ของร่างกายเพื่อวิเคราะห์สมดุล การทรงตัว การคำนวณหาจุดศูนย์กลางถ่วงสามารถทำได้โดยการหาค่าเฉลี่ย ของตำแหน่งมวลของส่วนต่างๆ ในร่างกายทั้งหมดให้ออกมาเป็นจุดๆ เดียว เมื่อจุดศูนย์กลางถ่วงอยู่เหนือพื้นที่ฐานรองรับ (Base of Support) ร่างกาย จะทรงตัวได้มั่นคง แต่หากจุดศูนย์กลางถ่วงเลยออกนอกฐานรองรับ ร่างกาย ก็จะเสียสมดุลและล้มได้ ความรู้เรื่องสมดุลนี้ถูกนำไปใช้ในการฝึก กายภาพบำบัด การออกแบบท่าออกกำลังกาย ตลอดจนการออกแบบ อุปกรณ์เสริมต่างๆ (เช่น รองเท้าหรือเครื่องพยุงตัว) เพื่อช่วยป้องกันการล้ม และเพิ่มความปลอดภัยในการเคลื่อนไหว

5. เลือด แม่น้ำแห่งชีวิต

เลือดคือ ของเหลวที่ทำหน้าที่เป็น “แม่น้ำแห่งชีวิต” คอยหล่อเลี้ยง ทุกเซลล์ในร่างกาย ปริมาตรเฉลี่ยในผู้ใหญ่มีประมาณ 5 ลิตร หรือคิดเป็น เกือบ 8% ของน้ำหนักตัว ในเลือดนั้นประกอบไปด้วยเซลล์เม็ดเลือดแดง จำนวนมหาศาลถึง 25 ล้านล้านเซลล์ ซึ่งทำหน้าที่หลักคือการขนส่ง

ออกซิเจนจากปอดไปยังอวัยวะต่างๆ และนำคาร์บอนไดออกไซด์กลับมา ขับออกทางการหายใจ สิ่งที่น่าสนใจคือ เม็ดเลือดแดงหนึ่งเซลล์สามารถ เดินทางรอบร่างกายได้ภายในเวลาเพียง 60 วินาที การเดินทางนี้เกิดขึ้น จากพลังการสูบฉีดของหัวใจ โดยแต่ละครั้งหัวใจบีบตัวจะส่งเลือดออกไป ประมาณ 70 มิลลิลิตร หากรวมแล้วภายในหนึ่งนาที หัวใจสามารถ สูบฉีดเลือดได้ราว 5 ลิตร ซึ่งเทียบเท่ากับปริมาตรเลือดทั้งหมดในร่างกาย หมายความว่าภายในเวลาเพียงหนึ่งนาที เลือดทั้งหมดของเราหมุนเวียน รอบร่างกายได้ครบหนึ่งรอบ

การทำงานของระบบไหลเวียนโลหิตยังสามารถอธิบายด้วย หลักการทางฟิสิกส์และคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะสมการของความดัน $P = F/A$ โดยที่ P คือความดัน F คือแรงที่เกิดจากการสูบฉีดของหัวใจ และ A คือพื้นที่หน้าตัดของหลอดเลือด สมการนี้อธิบายได้ว่า หาก หลอดเลือดตีบแคบลง (พื้นที่ A ลดลง) ความดัน P ก็จะสูงขึ้น ซึ่ง สัมพันธ์โดยตรงกับโรคความดันโลหิตสูงที่เป็นปัญหาสุขภาพสำคัญใน สังคมปัจจุบัน นอกจากการอธิบายเชิงทฤษฎีแล้ว เทคโนโลยีสมัยใหม่ ยังนำคณิตศาสตร์เข้ามาใช้จริงในทางการแพทย์ การตรวจเลือดแบบ CBC (Complete Blood Count) คือ การนับและวิเคราะห์เซลล์เม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว และเกล็ดเลือดด้วยวิธีเชิงสถิติ ข้อมูลที่ได้สามารถบ่งบอก ภาวะสุขภาพได้หลายอย่าง เช่น ภาวะโลหิตจาง การติดเชื้อ หรือแม้แต่ โรคมะเร็งเม็ดเลือด การใช้หลักการ “การนับและการวิเคราะห์เชิงปริมาณ” จึงเป็นตัวอย่างชัดเจนว่าคณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญในการดูแลสุขภาพมนุษย์

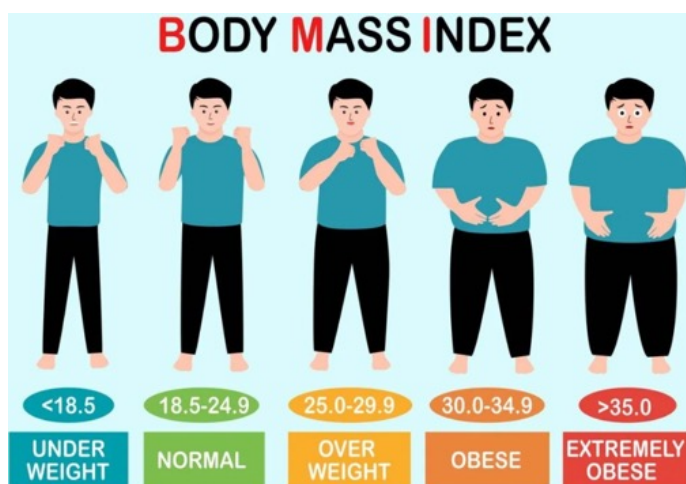


ภาพ 5 การตรวจเลือดแบบ CBC (Complete Blood Count)
ที่มา : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK65972/>

6. ระบบย่อยอาหารและอัตราส่วนด้านโภชนาการ

ระบบย่อยอาหารของมนุษย์ เปรียบเสมือน “โรงงานชีวภาพ” ที่เปลี่ยนอาหารให้กลายเป็นพลังงานและสารอาหารเพื่อการดำรงชีวิตของเรา ความยาวรวมของทางเดินอาหารมีค่าเฉลี่ยประมาณ 7 - 8 เมตร โดยแบ่งเป็นลำไส้เล็กยาวราว 6 เมตร และลำไส้ใหญ่ยาวประมาณ 1.5 เมตร ในแง่โภชนาการคณิตศาสตร์เข้ามามีบทบาทโดยตรงในการคำนวณพลังงานของสารอาหารที่เราได้รับประทานเข้าไป โดยสารอาหารหลักแต่ละชนิดจะให้พลังงานแตกต่างกัน เช่น คาร์โบไฮเดรต 1 กรัมให้พลังงานประมาณ 4 กิโลแคลอรี โปรตีน 1 กรัมให้พลังงานประมาณ 4 กิโลแคลอรี ไขมัน 1 กรัมให้พลังงานประมาณ 9 กิโลแคลอรี

อีกหนึ่งสมการทางสุขภาพที่สำคัญคือ ดัชนีมวลกาย (BMI: Body Mass Index) ซึ่งคำนวณได้จากสูตร: น้ำหนักตัว (กก.) ÷ (ส่วนสูง (ม.))²



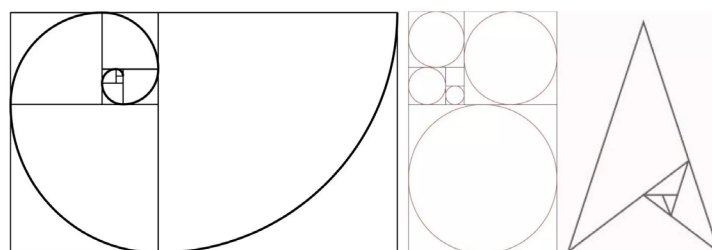
ภาพ 6 ดัชนีมวลกาย (BMI: Body Mass Index)
ที่มา : <https://www.guidetogoodhealth.com/body-mass-index>

สมการง่าย ๆ นี้ช่วยให้ทั้งแพทย์และคนทั่วไปประเมินภาวะโภชนาการได้เบื้องต้นจากค่าที่คำนวณได้ ยกตัวอย่างเช่น หากคนหนึ่งน้ำหนัก 60 กิโลกรัม และสูง 1.65 เมตร ค่า BMI จะประมาณ 22.0 ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์ “น้ำหนักปกติ” (ช่วง 18.5 - 24.9) (ค่าต่ำกว่า 18.5 ถือว่าผอมเกินไป และสูงกว่า 24.9 ถือว่าเริ่มมีน้ำหนักเกิน)

ดัชนีมวลกายเป็นตัวอย่างของการใช้อัตราส่วนทางคณิตศาสตร์เป็นดัชนีชี้วัดสุขภาพเชิงสรีระได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยค่าที่คำนวณได้จะเปลี่ยนแปลงตามน้ำหนักหรือส่วนสูงที่เปลี่ยนไป ปัจจุบันเทคโนโลยีสมัยใหม่ เช่น แอปพลิเคชันสุขภาพในโทรศัพท์มือถือ หรือ สมาร์ทวอตช์ ก็ใช้สมการทางคณิตศาสตร์เหล่านี้ในการติดตามแคลอรีที่บริโภคและเผาผลาญ รวมถึงประเมินสมดุลพลังงานของร่างกายแบบเรียลไทม์ ทำให้ผู้ใช้สามารถจัดการอาหารและกิจกรรมประจำวันได้แม่นยำยิ่งขึ้นบนพื้นฐานของข้อมูลเชิงตัวเลข

สรุป

จากสัดส่วนของร่างกายภายนอกจนถึงกระบวนการภายในระดับเซลล์ จะเห็นได้ว่าคณิตศาสตร์มีบทบาทอยู่ทุกที่ในร่างกายมนุษย์ ตัวเลขและสมการต่างๆ ช่วยให้นักวิทยาศาสตร์และแพทย์เข้าใจการทำงานของร่างกายได้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการใช้สูตรคำนวณดัชนีมวลกายเพื่อประเมินสุขภาพ อัตราการเต้นของหัวใจ ความรู้ทางคณิตศาสตร์เหล่านี้ไม่เพียงช่วยอธิบายปรากฏการณ์ทางชีววิทยา แต่ยังถูกนำมาใช้จริงในการดูแลสุขภาพของเราในชีวิตประจำวัน การมีข้อมูลเชิงตัวเลขเกี่ยวกับร่างกายตนเองทำให้เราสามารถปรับพฤติกรรมการกิน ออกกำลังกาย และพักผ่อนให้สมดุลได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ท้ายที่สุด คณิตศาสตร์ในร่างกายมนุษย์พิสูจน์ให้เห็นว่า “ชีวิตคือการคำนวณที่มีความหมาย” และการเรียนรู้ตัวเลขในตัวเราก็คือการเรียนรู้ที่จะใช้ชีวิตอย่างมีคุณภาพและยั่งยืน



ภาพจาก : <https://www.slideshare.net/slideshow/golden-ratio-the-divine-proportion/250204247>

บรรณานุกรม

- Amyshankster. (2015). What is “good taste?”. สืบค้นเมื่อ 1 กันยายน 2568, จาก <https://whatisgoodtaste.wordpress.com/2015/02/04/the-golden-ratio/>. Desiree Parent. (2020). Biomechanics: Lever Systems in the Body. สืบค้นเมื่อ 2 กันยายน 2568, จาก <https://www.visiblebody.com/blog/biomechanics-lever-systems-in-the-body#:~:text=the%20effort%20between%20the%20load,and%20fulcrum.>
- Guide to goodhealth. (2025). สืบค้นเมื่อ 1 กันยายน 2568, จาก <https://www.guidetogoodhealth.com/body-mass-index>.
- Smore Science Staff. (2022). Golden Ratio in the Human Body and How to Calculate it?. สืบค้นเมื่อ 3 กันยายน 2568, จาก <https://www.smorescience.com/golden-ratio-in-human-body/#:~:text=,those%20with%20a%20higher%20ratio.>



ภาพจาก: <https://babybilly.co/en/post/3023>

บอร์ดเกมคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษา

ในศตวรรษที่ 21 การเรียนการสอนคณิตศาสตร์ไม่ได้มุ่งเน้นเพียงการจดจำสูตรหรือทำโจทย์ให้ได้คำตอบที่ถูกต้องเท่านั้น แต่ยังต้องการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และการเชื่อมโยงความรู้เข้ากับชีวิตจริง (OECD, 2018) อย่างไรก็ตาม ปัญหาสำคัญที่พบในห้องเรียนคือ นักเรียนจำนวนมากขาดแรงจูงใจในการเรียนคณิตศาสตร์เนื่องจากรู้สึกว่าการคิดศาสตร์เป็นวิชาที่ยาก ซับซ้อน และไม่เห็นความสำคัญของเนื้อหา (Boaler, 2016) ความท้าทายนี้ทำให้ครูและนักการศึกษาต้องมองหาวิธีการสอนที่สร้างความสนุกสนาน พร้อมทั้งช่วยให้นักเรียนมีส่วนร่วมอย่างแท้จริง หนึ่งในแนวทางที่ได้รับความนิยมอย่างมากในปัจจุบันคือ การเรียนรู้ผ่านเกม (Game-Based Learning: GBL) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ผสมผสานความสนุกของการเล่นเกมเข้ากับการเรียนรู้ โดยมีเป้าหมายเพื่อให้นักเรียนมีส่วนร่วมเชิงรุก (Active Engagement) และพัฒนาทักษะที่ซับซ้อนผ่านประสบการณ์ตรง (Gee, 2003) การใช้เกมในห้องเรียนช่วยสร้างแรงจูงใจและกระตุ้นให้นักเรียนอยากเรียนรู้มากขึ้น เนื่องจากเกมสามารถสร้างความท้าทาย (Challenge) ให้นักเรียนพยายามหาวิธีแก้ปัญหาและบรรลุเป้าหมายด้วยตัวเอง (Prensky, 2001)

บอร์ดเกม (Board Game) เป็นรูปแบบหนึ่งของสื่อการเรียนรู้ที่ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เพราะเป็นกิจกรรมที่นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กันแบบตัวต่อตัว ฝึกการคิดเชิงตรรกะ และสนับสนุนทักษะทางสังคม เช่น การสื่อสารและการทำงานเป็นทีม (Anderson & Rainie, 2020) นอกจากนี้ บอร์ดเกมยังมีข้อดีคือ เป็นสื่อที่จับต้องได้ ต่างจากสื่อดิจิทัล ทำให้นักเรียนโดยเฉพาะเด็กเล็กสามารถเรียนรู้ผ่านประสาทสัมผัสและการลงมือทำ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Constructivism ที่เชื่อว่าการเรียนรู้จะเกิดขึ้นอย่างมีความหมายเมื่อนักเรียนได้มีส่วนร่วมในการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Piaget, 1972; Vygotsky, 1978)

บอร์ดเกมคณิตศาสตร์สามารถนำมาใช้เป็นสื่อเสริมเพื่อช่วยให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดเชิงนามธรรมได้ง่ายขึ้น เช่น เกมสำหรับฝึกการบวกและการลบ ฝึกการอ่านเวลา งานวิจัยของ Lee และ Chen (2023) พบว่าการใช้บอร์ดเกมในชั้นเรียนคณิตศาสตร์ช่วยเพิ่มความเข้าใจในแนวคิดที่ซับซ้อน และยังพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาได้อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อนักเรียนมีโอกาสเรียนรู้ผ่านเกมจะเกิดความเพลิดเพลินและมีแรงจูงใจในการเรียนรู้มากขึ้น เช่น บอร์ดเกมกระดาน (24 Hr.) ที่ออกแบบมาเพื่อช่วยนักเรียนฝึกการอ่านเวลาและคำนวณระยะเวลาที่ผ่านไป



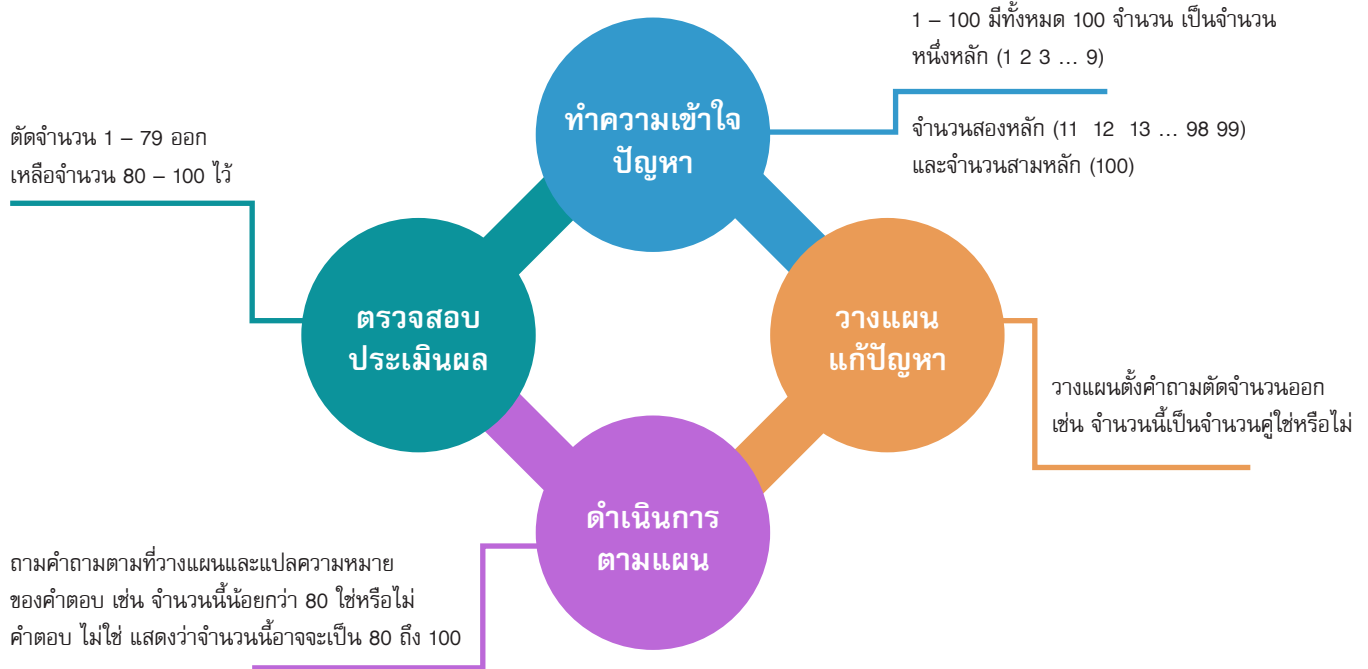
เกมเพื่อการเรียนรู้ (Educational Games) อาจไม่จำเป็นต้องมีเนื้อหาคณิตศาสตร์โดยตรงเท่านั้น แต่สามารถเป็นเครื่องมือที่ช่วยพัฒนาทักษะพื้นฐานที่จำเป็นต่อการเรียนคณิตศาสตร์ได้ เช่น การคิดเชิงตรรกะ การสังเกต การวิเคราะห์ข้อมูล การแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ซึ่งทักษะเหล่านี้ล้วนเป็นรากฐานสำคัญของการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษา (National Council of Teachers of Mathematics (NCTM), 2020) บอร์ดเกมนักสืบน้อย (The Detective) เป็นตัวอย่างของเกม ที่ออกแบบมาเพื่อส่งเสริมการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาเกมนักเรียนจะได้สืบเสาะหาข้อมูลเกี่ยวกับจำนวนนับ 1 - 100 ผ่านการตั้งคำถามทางคณิตศาสตร์ เก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และการตรวจสอบข้อมูล แล้วคาดเดาคำตอบ ซึ่งกระบวนการเล่นเกมนี้สอดคล้องกับกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Problem-Solving Process) ที่ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน (Polya, 1957) ได้แก่

1. การทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the Problem)
2. การวางแผนแก้ปัญหา (Devising a Plan)
3. การดำเนินการตามแผน (Carrying Out the Plan)
4. การตรวจสอบและประเมินผลลัพธ์ (Looking Back)

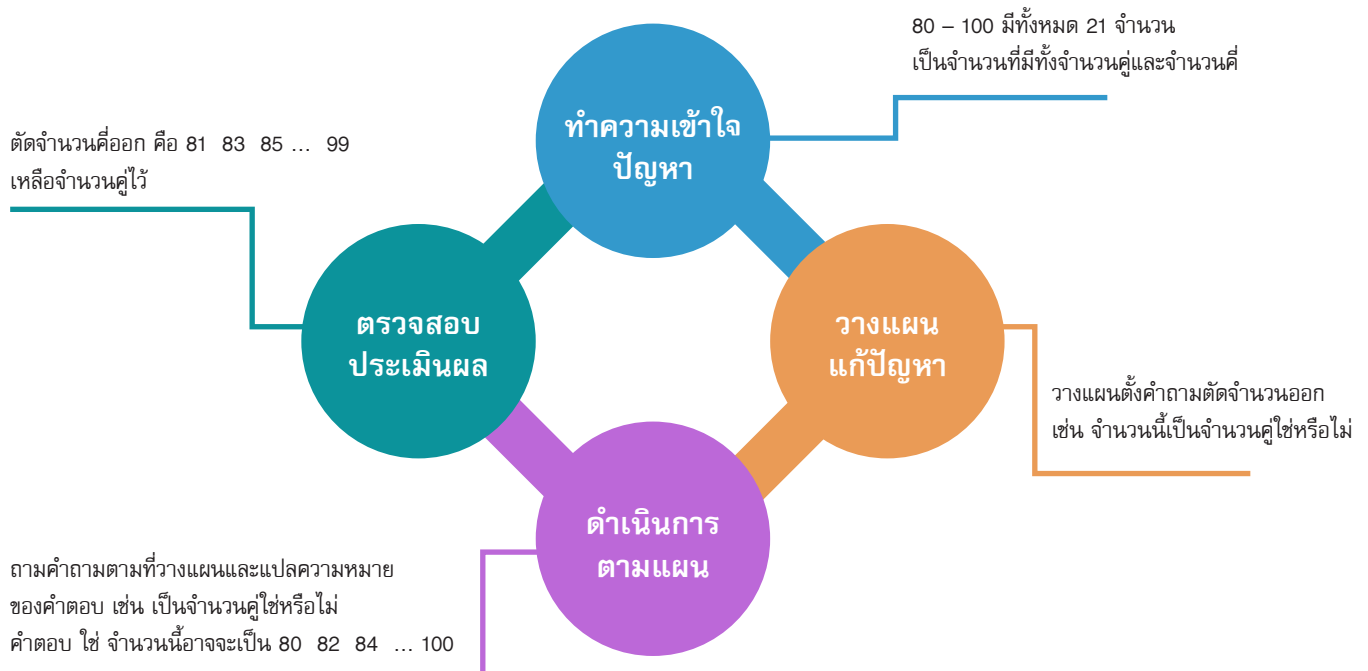
ในการเล่นเกมนักเรียนจะได้ใช้กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์นี้หลายรอบจนกว่าจะบอกได้ว่าจำนวนของเพื่อนคือจำนวนใด



รอบที่ 1



รอบที่ 2



จะดำเนินการแก้ปัญหาในลักษณะนี้ไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งมีข้อมูลเพียงพอที่จะคาดเดาได้จึงจะทายจำนวนนั้น

จุดเด่นของบอร์ดเกมนักสืบน้อย

1. สร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ (Motivation for Learning) เนื้อหาของเกมมีความสนุก ทำทาย และกระตุ้นความอยากรู้อยากเห็น ทุกคนมีส่วนร่วมในการตั้งคำถามและเก็บรวบรวมข้อมูล ได้ใช้ความรู้คณิตศาสตร์เกี่ยวกับจำนวนนับ 1 - 100 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Malone และ Lepper (1987) ชี้ว่าเกมที่มีความท้าทาย (Challenge) และเนื้อเรื่องที่น่าสนใจจะช่วยกระตุ้นความอยากรู้อยากเห็น (Curiosity) และแรงจูงใจภายในของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. พัฒนาทักษะการแก้ปัญหา (Problem Solving) โดยสืบเสาะหาข้อมูลของจำนวนนับ 1 - 100 ในเกมทำให้นักเรียนต้องใช้การคิดแบบตรรกะเพื่อเชื่อมโยงข้อมูลและตัดสินใจ เช่นเดียวกับกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Hung, Hwang และ Huang (2012) พบว่า การเรียนรู้ผ่านเกมที่เน้นการแก้ปัญหาช่วยพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และมีทักษะการแก้โจทย์คณิตศาสตร์ได้อย่างมีนัยสำคัญ

3. ส่งเสริมการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Collaborative Learning) เกมนี้สามารถเล่นเป็นกลุ่ม ทำให้ได้ฝึกการสื่อสารด้วยภาษาคณิตศาสตร์ ช่วยกันอภิปรายผลจากข้อมูลที่รวบรวมมาแล้วคาดเดาคำตอบ ซึ่งสอดคล้องกับ Johnson และ Johnson (2009) ระบุว่า การเรียนรู้แบบร่วมมือ (Cooperative Learning) ช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาเชิงลึก และเพิ่มความมั่นใจในการเรียนคณิตศาสตร์

4. ประยุกต์ใช้ในชั้นเรียนได้หลากหลาย (Flexible Classroom Application) ครูสามารถนำเกมนี้มาใช้เป็นกิจกรรมเปิดบทเรียน (Warm-up Activity) เพื่อกระตุ้นสมองและสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่สนุกสนาน หรือใช้เป็นกิจกรรมเสริมหลังเรียน เพื่อทบทวนแนวคิดการแก้ปัญหาและการคิดเชิงตรรกะ

แม้บอร์ดเกมนักสืบน้อยจะไม่ใช่อบอร์ดเกมที่ใช้สอนเนื้อหาคณิตศาสตร์โดยตรง เช่น การบวก การลบ การคูณ หรือการหาร แต่บอร์ดเกมนี้ช่วยพัฒนากระบวนการคิดและทักษะพื้นฐานที่สำคัญต่อการเรียนคณิตศาสตร์ ได้แก่

- การคิดเชิงตรรกะ (Logical Thinking)
- การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis)
- การแก้ปัญหา (Problem Solving)
- การสื่อสารและการอภิปรายทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Communication)

เมื่อนักเรียนได้ฝึกทักษะเหล่านี้ผ่านการเล่นเกมจะทำให้มีความพร้อมในการเรียนรู้คณิตศาสตร์เชิงลึก และมองวิชาคณิตศาสตร์ในมุมที่สนุกและท้าทายมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ NCTM (2020) ที่ระบุว่า การพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาคือหัวใจสำคัญของการสอนคณิตศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 ดังนั้น การใช้บอร์ดเกมทั้งที่เน้นคณิตศาสตร์โดยตรงและเกมที่ส่งเสริมทักษะการคิดทั่วไปจึงถือเป็นแนวทางการสอนที่สร้างสรรค์และมีประสิทธิภาพ ช่วยให้นักเรียนมองคณิตศาสตร์ในมุมมองใหม่ และสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่สนุกสนาน พร้อมทั้งเตรียมความพร้อมสำหรับการเรียนรู้ในอนาคต 

บรรณานุกรม

- Anderson, J. & Rainie, L. (2020). The Impact of Board Games on Social Development and Education. *Education Research Journal*, 45(3): 245–260.
- Boaler, J. (2016). *Mathematical Mindsets: unleashing students' potential through creative math, inspiring messages and innovative teaching*. Jossey-Bass.
- Gee, J. P. (2003). *What Video Games have to Teach us about Learning and Literacy*. Palgrave Macmillan.
- Hung, C. M. & Hwang, G. J. & Huang, I. (2012). A Project-based Digital Storytelling Approach for Improving Students' Learning Motivation, Problem-solving Competence and Learning Achievement. *Educational Technology & Society*, 15(4): 368–379.
- Johnson, D. W. & Johnson, R. T. (2009). An Educational Psychology Success Story: social interdependence theory and cooperative learning. *Educational Researcher*, 38(5): 365–379.
- Lee, H. & Chen, Y. (2023). Board Games as Tools for Teaching Mathematics: enhancing problem-solving and engagement. *Journal of Mathematics Education*, 12(1): 56–68.
- Malone, T. W. & Lepper, M. R. (1987). *Making Learning Fun: a taxonomy of intrinsic motivations for learning*. In R. Snow & M. Farr (Eds.), *Aptitude, Learning, and Instruction III: conative and affective process analyses* (pp. 223–253). Erlbaum.
- National Council of Teachers of Mathematics (NCTM). (2020). *Principles to Actions: ensuring mathematical success for all*. NCTM. OECD. (2018). *The Future of Education and Skills: education 2030*. OECD Publishing.
- Piaget, J. (1972). *The Psychology of the Child*. Basic Books.
- Polya, G. (1957). *How to Solve it: a new aspect of mathematical method* (2nd ed.). Princeton University Press.
- Premsky, M. (2001). *Digital Game-based Learning*. McGraw-Hill.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society: the development of higher psychological processes*. Harvard University Press.



ภาพจาก: <https://www.teachingchannel.com/4-12-hub/blog/using-ngss-to-harvest-student-investigations/>

แนวทางการจัดการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์ผ่านกระบวนการเรียนรู้แบบ Claim, Evidence, Reasoning (CER)

การจัดการเรียนวิทยาศาสตร์ในยุคปัจจุบันมุ่งเน้นส่งเสริมให้นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้ มีทักษะในการคิดวิเคราะห์ ได้อย่างมีเหตุผล และพัฒนาความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติได้อย่างลึกซึ้ง ความท้าทายที่สำคัญสำหรับครู คือ การออกแบบกิจกรรมให้นักเรียนได้ฝึกทักษะเหล่านี้ แนวทางหนึ่งที่สามารถช่วยเหลือครูให้พัฒนาทักษะที่กล่าวมาให้กับนักเรียนได้ คือ การนำกระบวนการเรียนรู้แบบ Claim, Evidence, Reasoning (CER) มาใช้ในห้องเรียน โดยกระบวนการเรียนรู้แบบ Claim, Evidence, Reasoning (CER) เป็นกรอบแนวคิดที่มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการคิดเชิงวิเคราะห์ การคิดอย่างมีระบบและทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียน และส่งผลให้นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีเหตุผลและมั่นใจ (Daraman, et al., 2025; McNeill & Krajcik, 2011) นักเรียนจะได้ปรับเปลี่ยนแนวทางการตอบคำถาม จากเดิมที่เป็นประโยคสั้นๆ เป็นการอธิบายที่มีเหตุผลมากขึ้น นอกจากนี้ กระบวนการเรียนรู้แบบ CER ยังเป็นการวางรากฐานสำหรับทักษะการเรียนรู้ตลอดชีวิตให้กับนักเรียนอีกด้วย

ความหมายและองค์ประกอบของกระบวนการเรียนรู้แบบ CER

กระบวนการเรียนรู้แบบ CER แบ่งออกเป็นสามองค์ประกอบที่มีความเกี่ยวข้องกัน ซึ่งแต่ละองค์ประกอบมีความหมายและบทบาทดังนี้ (McNeill et al., 2006)

Claim หรือ ข้อสรุป คือ คำตอบสำหรับคำถามหรือปัญหาที่กำหนดไว้ โดยข้อสรุปเป็นเพียงข้อความหรือคำตอบโดยตรงที่ไม่มีการอธิบายเหตุผลหรือแสดงหลักฐานประกอบ ข้อสรุปที่ดีควรเป็นประโยคที่กระชับ ชัดเจน ตัวอย่างเช่น

คำถาม พืชต้องการแสงในการเจริญเติบโตหรือไม่

ข้อสรุป พืชต้องการแสงในการเจริญเติบโต

Evidence หรือ หลักฐาน คือ ข้อมูล หรือข้อเท็จจริงที่เกี่ยวข้องและน่าเชื่อถือที่นำมาสนับสนุนข้อสรุป โดยหลักฐานควรเป็นข้อมูลที่นักเรียนรวบรวมได้ด้วยตนเอง ซึ่งสามารถมาจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลายและน่าเชื่อถือ เช่น จากการสังเกต การทำกิจกรรม การทดลอง การสืบค้น หรือผลการวิเคราะห์ข้อมูล ข้อมูลที่เป็นหลักฐานสามารถเป็นได้ทั้งเชิงปริมาณ เช่น การวัดความสูงของพืชเป็นหน่วยนิ้ว หรือเชิงคุณภาพ เช่น การสังเกตลักษณะใบที่เหี่ยวเฉา ตัวอย่างเช่น

ข้อสรุป พืชต้องการแสงในการเจริญเติบโต

หลักฐาน ข้อมูลจากการสังเกตผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างพืชที่ได้รับแสงกับพืชที่ไม่ได้รับแสงพบว่า พืชที่ได้รับแสงเจริญเติบโตได้ดีกว่า

Reasoning หรือ เหตุผล คือ คำอธิบายที่เชื่อมโยงหลักฐานเข้ากับข้อสรุปโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ หรือความรู้พื้นฐานที่อธิบาย

ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น การให้เหตุผลช่วยอธิบายว่าทำไมหลักฐานที่นำเสนอจึงมีความสำคัญและมีความเกี่ยวข้องกับข้อสรุปที่ตั้งไว้ ตัวอย่างเช่น

หลักฐาน ข้อมูลจากการสังเกตผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างพืชที่ได้รับแสงกับพืชที่ไม่ได้รับแสงพบว่า พืชที่ได้รับแสงเจริญเติบโตได้ดีกว่า

เหตุผล พืชต้องการแสงในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงซึ่งทำให้ได้ผลผลิตคือ น้ำตาลซึ่งเป็นอาหารที่พืชนำไปใช้ในการเจริญเติบโต

การนำกระบวนการเรียนรู้แบบ CER เข้าสู่ห้องเรียน: การทำความเข้าใจโครงสร้างและแนวคิดพื้นฐานของ CER

การแนะนำกระบวนการเรียนรู้แบบ CER ให้กับนักเรียนจะต้องอาศัยการวางแผนอย่างรอบคอบ โดยครูอาจเริ่มต้นด้วยการแนะนำกระบวนการเรียนรู้แบบ CER โดยอาจใช้สถานการณ์ตัวอย่างที่ง่ายในชีวิตประจำวัน ที่ไม่ใช่บริบททางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนทำความเข้าใจกับโครงสร้างและแนวคิดของ CER และเห็นภาพรวมของความสัมพันธ์ระหว่าง ข้อสรุป หลักฐาน และเหตุผล ก่อนที่จะนำไปใช้กับเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์หรือเนื้อหาวิชาอื่นๆ (Maecham, 2021) ซึ่งแนวทางนี้จะช่วยให้ นักเรียนทำความเข้าใจการให้เหตุผลโดยไม่ต้องกังวลกับคำศัพท์หรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ โดยครูสามารถเริ่มต้นด้วยการตั้งคำถามง่ายๆ ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน หรือใช้สถานการณ์ที่กระตุ้นความอยากรู้อยากเห็น ซึ่งจะนำพานักเรียนไปสู่การตั้งข้อสรุป การรวบรวมหลักฐาน และการอธิบายเหตุผล โดยครูอาจนำเสนอตารางจัดระเบียบความคิด ดังในตาราง 1 เพื่อช่วยให้นักเรียนแยกแยะและจัดประเภทของข้อสรุป หลักฐาน และเหตุผล



ภาพจาก : <https://gizmos.explorelarning.com/resources/insights/gizmos-claim-evidence-reasoning>

ตาราง 1: ตารางจัดระเบียบความคิด
ตัวอย่างคำถาม: เพราะเหตุใดยางรถจักรยานของฉันจึงแบน

องค์ประกอบของกระบวนการเรียนรู้แบบ CER	ความหมาย	ตัวอย่าง
Claim หรือ ข้อสรุป	คำตอบสำหรับคำถามหรือปัญหาที่กำหนดไว้	ยางรถจักรยานแบนเพราะมีอะไรบางอย่างเจาะเข้าไปในยาง
Evidence หรือ หลักฐาน	ข้อมูล หรือข้อเท็จจริงที่เกี่ยวข้องและน่าเชื่อถือที่นำมาสนับสนุนข้อสรุป	ฉันเห็นตะปูยาวประมาณ 1 นิ้วปักอยู่ตรงกลางของยางหน้า และเมื่อฉันลองใช้มือบีบ ยางก็ไม่แข็งเหมือนปกติ
Reasoning หรือ เหตุผล	คำอธิบายที่เชื่อมโยงหลักฐานเข้ากับข้อสรุปโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์หรือความรู้พื้นฐานที่อธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น	ยางรถจักรยานมีอากาศบรรจุอยู่ภายใน เมื่อมีวัตถุแหลมคม เช่น ตะปู เจาะทะลุยางเข้าไปเกิดรอยรั่ว อากาศภายในจะออกสู่ภายนอกได้ ทำใหยางไม่สามารถคงรูปเดิมได้และเกิดการแบนในที่สุด

จากนั้นครูแสดงกระบวนการคิดในแต่ละขั้นตอนให้นักเรียนดูเป็นตัวอย่างอย่างละเอียดโดยสร้างประโยคเริ่มต้นที่สอดคล้องกับแนวคิดของ CER (Kennedy and Folkes, 2018) เช่น ในการตอบคำถามครูอาจพูดว่า ข้อสรุปของฉันคือ... หลักฐานที่ฉันใช้คือ... และเหตุผลที่ฉันคิดเช่นนั้นคือ... นอกจากนี้ ครูอาจช่วยนักเรียนให้สามารถเรียบเรียงความคิดได้ง่ายขึ้นโดยเตรียมประโยคขึ้นต้นเพื่อเป็นแนวทางให้นักเรียน เช่น จากข้อมูล... ฉันสังเกตเห็นว่า... หรือ หลักฐานของฉันคือ... ซึ่งสิ่งนี้แสดงให้เห็นว่า... บทบาทของครูและการช่วยเหลือนักเรียนเหล่านี้ไม่ได้เป็นการบอกความรู้แก่นักเรียน แต่เป็นการช่วยให้นักเรียนเห็นภาพและคิดอย่างเป็นระบบ เมื่อนักเรียนคุ้นเคยกับกระบวนการนี้มากขึ้น นักเรียนจะสามารถพัฒนาการเขียนในรูปแบบที่ซับซ้อนขึ้นได้ด้วยตนเอง

การนำกระบวนการเรียนรู้แบบ CER เข้าสู่ชั้นเรียนควรเป็นกระบวนการที่พัฒนาไปอย่างต่อเนื่อง ครูสามารถค่อยๆ ลดการช่วยเหลือลงโดยเปลี่ยนจากการทำกิจกรรมพร้อมกันทั้งชั้นเรียนไปเป็นการทำเป็นกลุ่มหรือคู่ และท้ายที่สุดคือ การให้นักเรียนลองทำด้วยตนเอง การเพิ่มการมีส่วนร่วมของนักเรียนในกระบวนการเรียนรู้จะช่วยให้นักเรียนสามารถใช้กรอบการคิดนี้ได้อย่างมั่นใจ

การนำกระบวนการเรียนรู้แบบ CER เข้าสู่ห้องเรียนวิทยาศาสตร์: ตัวอย่างการออกแบบกิจกรรมการเปลี่ยนแปลงทางเคมี

ขั้นตั้งคำถาม

เมื่อนักเรียนมีความเข้าใจโครงสร้างและแนวคิดของ CER แล้ว ครูสามารถเชื่อมโยงกระบวนการเรียนรู้แบบ CER กับกิจกรรมการเรียนรู้

ทางวิทยาศาสตร์ โดยอาจเริ่มต้นจากการตั้งคำถามที่น่าสนใจ คำถามปลายเปิดที่นำไปสู่การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยคำถามเหล่านี้ควรนำไปสู่การสังเกตปรากฏการณ์ที่เห็นได้จริง ซึ่งคำถามอาจมาจากครูหรือนักเรียนก็ได้โดยขึ้นกับความสามารถในการตั้งคำถามของนักเรียน ตัวอย่างคำถาม เช่น เมื่อเราผสมผงฟูกับน้ำส้มสายชู จะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีหรือไม่ อย่างไร โดยในขั้นตอนนี้ นักเรียนอาจจะดมความคิดและคาดการณ์คำตอบเบื้องต้นได้

ขั้นลงมือปฏิบัติ

นักเรียนลงมือปฏิบัติเพื่อรวบรวมข้อมูล โดยนักเรียนเตรียมน้ำส้มสายชูลงในขวดแก้ว จากนั้นใส่ผงฟูลงในลูกโป่ง และนำลูกโป่งไปสวมที่ปากขวดอย่างระมัดระวัง จากนั้นยกลูกโป่งขึ้นเพื่อให้ผงฟูตกลงในขวด ดังภาพ 1 ขณะที่นักเรียนทำกิจกรรม ครูกระตุ้นให้นักเรียนจดบันทึกข้อมูลที่ได้จากสังเกตอย่างละเอียดลงในตารางบันทึกผล และในตารางจัดระเบียบความคิดในส่วนของ Evidence หรือหลักฐาน ซึ่งสามารถทำได้ตามตาราง 1 โดยข้อมูลเหล่านี้คือหลักฐานเชิงประจักษ์ที่นักเรียนจะนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

ขั้นสร้างข้อสรุปและการเชื่อมโยงเหตุผลกับหลักฐาน

นักเรียนจะได้มีโอกาสในการสร้างข้อสรุป โดยครูแนะนำนักเรียนให้ใช้ข้อมูลจากการสังเกตหรือหลักฐานที่ได้มาสนับสนุนข้อสรุปของตนเอง และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลองให้เหตุผล โดยการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับประถมศึกษาอาจทำได้ในระดับพื้นฐานและครูอาจเริ่มต้นประโยค ข้อสรุปของฉันคือ... หลักฐานที่ฉันใช้คือ...



ภาพ 1 การทำกิจกรรมการเปลี่ยนแปลงทางเคมี
ที่มา หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 สสวท. (2562).

และเหตุผลที่ฉันคิดเช่นนั้นคือ... ให้นักเรียนและให้นักเรียนลองสร้าง
ประโยคด้วยตนเอง เช่น

ข้อสรุปของฉัน คือ เมื่อผสมผงฟูกับน้ำส้มสายชู จะเกิดการ
เปลี่ยนแปลงทางเคมี โดยมีสารใหม่เกิดขึ้น

หลักฐานที่ฉันใช้ คือ เมื่อผสมผงฟูกับน้ำส้มสายชูจะเกิดฟองแก๊ส
และลูกโป่งที่ครอบปากขวดพองตัว

และเหตุผลที่ฉันคิดเช่นนั้น คือ ฟองแก๊สที่เกิดขึ้นและทำให้
ลูกโป่งที่ครอบปากขวดพองตัวจะเป็นสารใหม่ที่เกิดขึ้น ที่แตกต่าง
จากสารเดิมซึ่งก็คือ ผงฟูและน้ำส้มสายชูบทบาทของครูและนักเรียน
ในการจัดการเรียนรู้ผ่านกระบวนการเรียนรู้แบบ CER ดังแสดงในตาราง 2

ตาราง 2 บทบาทของครูและนักเรียนในกระบวนการเรียนรู้แบบ CER

ขั้นตอนในชั้นเรียน	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน	องค์ประกอบ CER
1. ตั้งคำถาม	ตั้งคำถามที่น่าสนใจคำถาม ปลายเปิดที่นำไปสู่การสืบเสาะหา ความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ร่วมระดมสมองและสามารถ คาดการณ์คำตอบเบื้องต้น	-
2. ลงมือปฏิบัติ	เตรียมอุปกรณ์และให้คำแนะนำ ในการทำกิจกรรมอย่างปลอดภัย รวมทั้งกระตุ้นให้นักเรียนบันทึก สิ่งที่สังเกตได้อย่างละเอียด และ ใช้ตารางจัดระเบียบความคิด	ทำกิจกรรมและจดบันทึกการ สังเกตที่เกิดขึ้นอย่างละเอียดใน ตารางบันทึกผลและตารางจัด ระเบียบความคิดในส่วนของ Evidence หรือหลักฐาน	Evidence หรือหลักฐาน
3. สร้างข้อสรุปและการเชื่อมโยงเหตุผลกับหลักฐาน	กระตุ้นให้นักเรียนเขียนข้อสรุป ของตนเอง โดยอ้างอิงจากการ สังเกตที่ได้บันทึกไว้	เขียนคำตอบของคำถามลงใน ตารางจัดระเบียบความคิดในส่วน ของ Claim หรือ ข้อสรุป	Claim หรือ ข้อสรุป
	นำอภิปรายในชั้นเรียนเพื่อ เชื่อมโยงหลักฐานเข้ากับข้อสรุป และให้เหตุผลเรื่องการเปลี่ยนแปลง ทางเคมี	เขียนคำตอบของคำถามลงใน ตารางจัดระเบียบความคิดในส่วน ของ Reasoning หรือเหตุผล และ อธิบายว่าทำไมการเกิดฟองแก๊ส จึงเป็นหลักฐานที่ยืนยันว่าเกิด การเปลี่ยนแปลงทางเคมี	Reasoning หรือเหตุผล

ขั้นประเมินผล

การประเมินผลในกระบวนการเรียนรู้แบบ CER ไม่ได้มุ่งเน้น
ที่คำตอบที่ถูกต้องหรือผิดเพียงอย่างเดียว แต่เป็นการประเมินความสามารถ
ในการสร้างข้อสรุปที่มีความชัดเจน ความเกี่ยวข้องของหลักฐาน และ
ความสมเหตุสมผลของการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อสรุป โดยอาจใช้

เกณฑ์การประเมินหรือ Rubric เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน โดยเกณฑ์
การประเมินที่ดีควรมีความชัดเจนและมุ่งเน้นไปที่องค์ประกอบทั้งสาม โดย
ก่อนการทำกิจกรรมครูควรแจ้งเกณฑ์การประเมินแก่นักเรียนตั้งแต่เริ่มต้น
บทเรียนจะช่วยให้ นักเรียนเข้าใจว่าอะไรคือคำอธิบายที่ดี นอกจากนี้
เกณฑ์การประเมินยังสามารถใช้เป็นเครื่องมือสำหรับให้นักเรียนประเมิน

ตนเองและประเมินผลงานของเพื่อนร่วมชั้นได้ด้วย ดังตาราง 3 การให้

นักเรียนได้ลองทำความเข้าใจว่าทำไมคำตอบของเพื่อนบางคนจึงขาด

หลักฐานหรือเหตุผล จะช่วยให้นักเรียนสามารถพัฒนาทักษะการวิพากษ์

วิจารณ์และปรับปรุงงานของตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ตาราง 3 ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินกระบวนการเรียนรู้แบบ CER

ระดับความสามารถ	ดี (3)	พอใช้ (2)	ต้องปรับปรุง (1)
Claim หรือ ข้อสรุป	สามารถระบุข้อสรุปที่ชัดเจน และเกี่ยวข้องกับคำถาม	สามารถระบุข้อสรุปที่ชัดเจน แต่ไม่เกี่ยวข้องกับคำถาม	ไม่สามารถระบุข้อสรุปได้
Evidence หรือหลักฐาน	ใช้หลักฐานที่เกี่ยวข้องเพื่อสนับสนุนข้อสรุป	ใช้หลักฐานที่ไม่มีความเกี่ยวข้องกับเพื่อสนับสนุนข้อสรุป	ไม่มีหลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อสรุป
Reasoning หรือเหตุผล	ระบุเหตุผลได้โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสม	ระบุเหตุผลได้ แต่ไม่ได้เชื่อมโยงกับหลักการทางวิทยาศาสตร์	ระบุเหตุผลไม่ได้

ดัดแปลงจาก McNeill and Krajick (2011)

การนำกระบวนการเรียนรู้แบบ CER ไปใช้จริงในห้องเรียน วิทยาศาสตร์หรือวิชาอื่นๆ ครูอาจพบกับความท้าทายหลายอย่าง เช่น นักเรียนมักจะสับสนระหว่างหลักฐานและเหตุผล และไม่สามารถหาหลักฐานที่น่าเชื่อถือมาสนับสนุนข้อสรุปของตนเองได้ (Diola et al., 2025) ปัญหาเหล่านี้สะท้อนให้เห็นว่านักเรียนยังขาดความสามารถในการเชื่อมโยงหลักฐานกับเหตุผล ครูสามารถแก้ไขปัญหานี้ได้โดยใช้ตารางจัดระเบียบความคิด (ตารางที่ 1) ที่แสดงให้เห็นการแยกส่วนของข้อมูลเพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถจัดระเบียบความคิดได้อย่างชัดเจน นอกจากนี้ การใช้ประโยคเริ่มต้น (จากข้อมูล... ฉันสังเกตเห็นว่า... หรือ หลักฐานของฉันคือ... ซึ่งสิ่งนี้แสดงให้เห็นว่า...) และตัวอย่างประกอบก็มีส่วนช่วยได้อย่างมาก และครูอาจช่วยเหลือนักเรียนในการพิจารณาประเมินข้อมูลอย่างมีวิจารณญาณเพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นหลักฐานมาสนับสนุนข้อสรุป นอกจากนี้ ปัญหาเรื่องข้อจำกัดด้านเวลาในการฝึกนักเรียนให้มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์โดยผ่านกระบวนการเรียนรู้แบบ CER ก็เป็น

สิ่งที่ครูกังวล แนวทางหนึ่งที่อาจช่วยแก้ปัญหานี้คือการนำกระบวนการเรียนรู้แบบ CER เข้ามาเป็นส่วนหนึ่งของกิจกรรมประจำวัน เช่น การเขียนบันทึกประจำวันเกี่ยวกับเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เช่น เพราะเหตุใดท้องฟ้าเป็นสีแดงในเวลาดวงอาทิตย์ตก เพราะเหตุใดรูปร่างของดวงจันทร์จึงมีการเปลี่ยนแปลงตลอดสัปดาห์ ซึ่งจะเป็นการฝึกฝนให้นักเรียนได้ฝึกใช้กรอบแนวคิดนี้อย่างสม่ำเสมอ

การนำกระบวนการเรียนรู้แบบ CER ไปใช้ในการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์ไม่ได้เป็นเพียงการสอนให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์เท่านั้น แต่เป็นการปลูกฝังทักษะการคิดวิเคราะห์ การสื่อสาร และการใช้เหตุผลเชิงประจักษ์ ซึ่งเป็นรากฐานที่สำคัญสำหรับการเป็นพลเมืองที่มีความรอบรู้ในศตวรรษที่ 21 การใช้กระบวนการเรียนรู้แบบ CER อย่างต่อเนื่องและเป็นระบบจะช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์และมีความเข้าใจเชิงลึกในปรากฏการณ์ต่างๆ ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์อย่างยั่งยืน

บรรณานุกรม

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2562). หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 1 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. กรุงเทพมหานคร: องค์การคลังของ สกสศ.

Daraman, S. A. J. & Ecdang, J. A. & Senit, A. D. & Malintad, T. L. V. & Archua, R. J. & Caupayan, J. G. (2025). Improving Critical Thinking Skills through Claim–Evidence–Reason Framework. *Asian Journal of Education and Social Studies*, 51(6): 214–229.

Diola, W. Y. & Jalon Jr, J. B. & Prudente, M. S. (2025). Exploring the Use of Claim–Evidence–Reasoning in Promoting Scientific Reasoning Skills of Elementary School Students. *Anatolian Journal of Education*, 10(1): 203–214.

Kennedy, K. & Folkes, C. (2018). Dropping anchor! *Science Scope*, 42(3): 42–47.

Maecham, B. (2021). Implementing the Claim, Evidence, Reasoning in the Chemistry Classroom. Chemical Education Exchange. Retrieved September 12, 2025, from <https://www.chemedx.org/article/implementing-claim-evidence-reasoning-framework-chemistry-classroom>.

McNeill, K. L. & Lizotte, D. J. & Krajick, J. S. & Marx, R. W. (2006). Supporting Students’ Construction of Scientific Explanations by Fading Scaffolds in Instructional Materials. *Journal of the Learning Sciences*, 15(2): 153–191.

McNeill, K.L. & Krajick, J. (2011). *Supporting Grade 5–8 Students in Constructing Explanations in Science: the claim, evidence and reasoning framework for talk and writing*. New York: Pearson Allyn & Bacon



เพราะ “การเล่น” คือ “การเรียนรู้” ของเด็ก ตอนที่ 1

เยี่ยมชมต้นกำเนิดอนุบาลและของเล่นเพื่อการศึกษา ณ พิพิธภัณฑ์ Friedrich Fröbel

หากเอ่ยชื่อ เฟรเบลหรือโฟรเบล (Fröbel/Froebel) เชื่อว่าผู้อ่านที่สนใจหรือทำงานเกี่ยวกับการศึกษา โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านการศึกษาปฐมวัย ย่อมคุ้นชื่อนักการศึกษาคนสำคัญท่านนี้ เนื่องจากแนวคิดของเฟรเบลเป็นรากฐานสำคัญที่ใช้ในการจัดการศึกษาปฐมวัยในปัจจุบันและแพร่หลายไปทั่วโลก จนได้รับการยกย่องว่าเป็น “บิดาแห่งการศึกษาปฐมวัย” โดยเป็นผู้ริเริ่มคำว่า “Kindergarten” และได้พัฒนาชุดของเล่นเพื่อการศึกษาที่เป็นต้นแบบของของเล่นและสื่อการเรียนรู้มากมายในปัจจุบัน ผลงานของเฟรเบลยังสร้างแรงบันดาลใจให้กับศิลปินและนักออกแบบหลายท่านในเวลาต่อมา

Friedrich Wilhelm August Fröbel หรือ ฟรีดริช วิลเฮล์ม ออกุสต์ เฟรเบล เกิดเมื่อวันที่ 21 เมษายน ค.ศ. 1782 และเสียชีวิตในปี ค.ศ. 1852 เป็นนักการศึกษาชาวเยอรมันผู้มีอิทธิพลอย่างมากต่อวงการการศึกษาทั้งในแง่ของหลักสูตร การฝึกอบรมครู การออกแบบของเล่น และการจัดสภาพแวดล้อม โดยเชื่อว่าเด็กพัฒนาผ่านการเล่นซึ่งเปรียบเสมือนเครื่องมือในการเรียนรู้ การให้คำแนะนำ การจัดเตรียมสื่อและสภาพแวดล้อมเพื่อให้เด็กได้มีประสบการณ์ที่หลากหลาย บทบาทของครูจึงไม่ใช่ผู้สอนแต่เป็นผู้สนับสนุนให้เด็กได้เรียนรู้ผ่านการเล่นและการทำกิจกรรมอย่างเหมาะสม

ในบทความนี้ ผู้เขียนจะชวนผู้อ่านทุกท่านไปสำรวจแนวคิดของเฟรเบล พร้อมกับเยี่ยมชมพิพิธภัณฑ์ Friedrich Fröbel อันเป็นสถานที่สำคัญทางประวัติศาสตร์ที่เป็นต้นกำเนิดของอนุบาลแห่งแรก และจะพาผู้อ่านไปเยี่ยมชมโรงเรียนที่นำแนวคิดของเฟรเบลมาไว้ในนิตยสารฉบับต่อไป ซึ่งผู้เขียนได้มีโอกาสไปศึกษาดูงานร่วมกับคณะนิสิตและอาจารย์ สาขาวิชาการศึกษาปฐมวัย คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ณ เมือง Bad Blankenburg ประเทศสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี

สถานที่ต้นกำเนิดของอนุบาล “Kindergarten”

Friedrich Fröbel Museum หรือพิพิธภัณฑ์ฟรีดริช เฟรเบล ตั้งอยู่ในเมือง Bad Blankenburg รัฐ Thuringia ของเยอรมัน เป็นสถานที่สำคัญทางประวัติศาสตร์ที่เป็นต้นกำเนิดของคำว่า “Kindergarten” ที่นิยมเรียกอนุบาลกันในปัจจุบัน



ภาพ 2 Friedrich Fröbel Museum

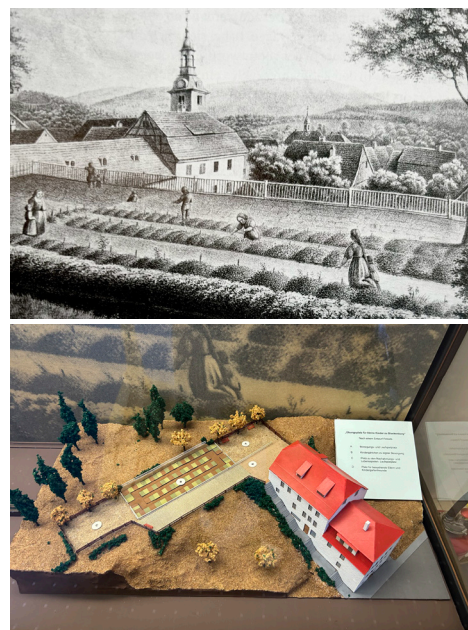
หลังจากที่เฟรเบลย้ายมายังเมือง Bad Blankenburg ในปี ค.ศ. 1837 หรือกว่า 180 ปีมาแล้ว ได้เริ่มคิดค้นชุดของเล่นเพื่อการศึกษาและออกแบบโปรแกรมเพื่อการเลี้ยงดูและการศึกษาสำหรับเด็กปฐมวัย โดยในปี ค.ศ. 1839 เฟรเบลได้ก่อตั้งสถานที่แห่งนี้เป็น “Spiel- und

Bechäftigungsanstalt (Institute for Playing and Occupation)” หรือสถาบันเพื่อการเล่นและการงานหรือการทำกิจกรรม ซึ่งเดิมที่เรียกว่า “Haus über dem Keller (House above the cellar)” หรือบ้านบนห้องใต้ดิน



ภาพ 1 Friedrich Fröbel ในพิพิธภัณฑ์

ต่อมาในปี ค.ศ. 1840 เฟรเบลได้เปลี่ยนชื่อสถานที่แห่งนี้เป็น “Kindergarten” (Friedrich-Fröbel-Museum, 2015; Fröbel, 2012) ซึ่งเป็นภาษาเยอรมันที่มาจากคำว่า Kinder (Children) ที่แปลว่า เด็ก และ Garten (Garden) ที่แปลว่า สวน จึงแปลตรงตัวว่า “สวนเด็ก” โดยมีนัยยะทั้งในเชิงโครงสร้างคือ “สวนสำหรับเด็ก” (a Garden for Children) อันเป็นสถานที่ที่เด็กๆ มีปฏิสัมพันธ์กับธรรมชาติได้ และนัยยะในเชิงจิตวิญญาณคือ “สวนแห่งเด็ก” (a Garden of Children) หรือสวนแห่งการเติบโตของเด็ก ที่ซึ่งเมล็ดพันธุ์ (Plants) หรือเด็กๆ สามารถเติบโตและพัฒนาได้อย่างอิสระ โดยได้รับการดูแลเอาใจใส่จากคนสวน (Gardeners) หรือ ครู (May et al., 2017) Kindergarten จึงเปรียบเสมือนพื้นที่ในการอนุบาลต้นกล้าให้เจริญเติบโตอย่างเป็นธรรมชาติ



ภาพ 3 (บน) สวนเด็ก (Garten der Kinder) ปี 1840 โดย Albert Schmiedeknecht จากหนังสือ Friedrich-Fröbel-Museum (2015)

ภาพ 4 (ล่าง) แบบจำลองสวนเด็กที่แสดงในพิพิธภัณฑ์

พิพิธภัณฑ์แห่งเรื่องราว

ภายในพิพิธภัณฑ์แห่งนี้แบ่งออกเป็น 3 ชั้น ประกอบด้วยพื้นที่ห้องนั่งเล่นที่จัดแสดงเฟอร์นิเจอร์และภาพถ่ายของครอบครัวเฟรเบล พื้นที่ห้องนิทรรศการที่แสดงหลักฐานเกี่ยวกับชีวิตของเฟรเบล พื้นที่ห้องการเล่นที่จัดแสดงผลงานของเฟรเบลทั้งชุดของขวัญและอุปกรณ์สำหรับทำกิจกรรม ส่วนชั้นล่างเป็นห้องจัดแสดงของเล่นร่วมสมัยที่ได้รับอิทธิพลจากแนวคิดของเฟรเบล และห้องจำหน่ายของที่ระลึก ของเล่น และหนังสือ (ภาพ 5 - 7) เปิดให้บริการโดยไม่คิดค่าใช้จ่ายสำหรับเด็ก และสำหรับผู้ใหญ่ราคา 3 ยูโร (ประมาณ 110 - 115 บาท)



ภาพ 5-7 พื้นที่ต่างๆ ในพิพิธภัณฑ์

นิทรรศการชีวประวัติของเฟรเบลสะท้อนให้เห็นถึงจุดเริ่มต้นความสนใจ และความเชี่ยวชาญอันหลากหลายของเฟรเบล ซึ่งได้รับอิทธิพลจากทั้งประสบการณ์ในวัยเด็ก ความเชื่อทางศาสนา การศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ (Natural Science) การศึกษาด้านการออกแบบสถาปัตยกรรม การทำงานด้านป่าไม้และแร่วิทยา (Mineralogy) ตลอดจนการสังสมประสบการณ์ในการเลี้ยงดูเด็ก การสอน และการฝึกอบรมครู โดยได้ก่อตั้งสถาบันทางการศึกษาและการเลี้ยงดูเด็กขึ้นหลายแห่งในยุโรป เฟรเบลจึงมิได้เป็นเพียงนักการศึกษาเท่านั้น แต่ยังเป็นทั้งนักวิทยาศาสตร์ นักคณิตศาสตร์ นักออกแบบ และนักปรัชญาผู้มีมุมมองต่อการเรียนรู้ในฐานะกระบวนการแห่งธรรมชาติและ การพัฒนาอย่างต่อเนื่องของมนุษย์

เฟรเบลได้เรียนรู้และรับอิทธิพลทางความคิดอย่างมากจากแนวทางการศึกษาของ Johann Heinrich Pestalozzi หรือเปสตาลอสซี (Provenzo, 2009) โดยเฉพาะแนวคิดที่เชื่อว่า การเรียนรู้ควรเริ่มจากการลงมือปฏิบัติจริงและพัฒนาจากภายในของเด็ก จึงได้พัฒนาการศึกษาปฐมวัยโดยเน้นการเรียนรู้ผ่านการเล่น และการเคารพในศักยภาพและความแตกต่างกันของเด็กแต่ละคน เฟรเบลยังเชื่อว่า การศึกษาเริ่มได้

ตั้งแต่ในวัยทารก ซึ่งเด็กจะเรียนรู้ได้ดีที่สุดผ่านการมีปฏิสัมพันธ์กับโลกรอบตัว ไม่ว่าจะเป็นสิ่งที่มีชีวิตหรือไม่มีชีวิตก็ตาม อีกทั้งเด็กมีความกระตือรือร้น และมีส่วนร่วมในการเล่นอย่างมีความหมายด้วยความต้องการที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติ เฟรเบลมองว่าการเล่นเป็นวิธีที่เด็กใช้แสดงออกถึงความรู้สึก ความคิด และความต้องการที่อยู่ภายใน รวมทั้งเป็นหนทางที่เด็กใช้เลียนแบบกิจกรรมการทำงานของผู้ใหญ่และปฏิสัมพันธ์ทางสังคมอีกด้วย (Biddle et al., 2014) เฟรเบลยังสะท้อนถึงคุณค่าของการเล่นดังที่กล่าวไว้ว่า

“การเล่นมอบทั้งความสุข เสรีภาพ ความพึงพอใจ และความสงบ ให้เกิดทั้งภายในและภายนอก อีกทั้งยังช่วยมอบสันติสุขให้แก่โลกใบนี้” (Fröbel, 2012)

ด้วยแนวคิดเหล่านี้จึงนำไปสู่การสร้าง “สวนเด็ก (Kindergarten)” ที่เฟรเบลมองว่าเป็นสภาพแวดล้อมทางการศึกษาที่เอื้อต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาเด็กที่สอดคล้องกับธรรมชาติการเติบโตของมนุษย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในวัย 3 - 6 ปี หรือวัยอนุบาล (Fröbel, 2012) โดยเน้นการเล่นและทำกิจกรรมต่างๆ เพื่อให้เด็กได้มีประสบการณ์ที่หลากหลาย และมีความหมาย ซึ่งถือเป็นรากฐานสำคัญของการศึกษาปฐมวัยในปัจจุบัน กิจกรรมของสวนเด็กยังรวมถึงเพลง นิทาน และเกม โดยครูมักนำเสนอกิจกรรมเหล่านี้เป็นกลุ่มโดยใช้การเคลื่อนไหวมือและจังหวะเพลงประกอบ ซึ่งเป็นที่มาของการเรียกกิจกรรมในระดับอนุบาลว่า “Circle time” หรือ กิจกรรมวงกลมนั่นเอง (Biddle et al., 2014)

ของขวัญแห่งการเล่น “Spielgaben”

ผลงานการสร้างสรรค์ที่โดดเด่นของเฟรเบลคือ ชุดอุปกรณ์สำหรับการเล่นและการทำงานหรือกิจกรรม (Occupation) ที่เรียกในภาษาเยอรมันว่า “Spielgaben” (ซปิล-กา-เบิน) ซึ่งหมายถึง “ของขวัญแห่งการเล่น” เพื่อใช้เป็นส่วนหนึ่งในหลักสูตรสวนเด็กของเฟรเบล (Biddle et al., 2014) เฟรเบลได้เริ่มคิดค้นและพัฒนาชุดอุปกรณ์เหล่านี้ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1837 (Friedrich-Fröbel-Museum, 2015) ของเล่นเหล่านี้จึงเปรียบเสมือน “ของขวัญจากเฟรเบล (Fröbel's gifts)” และเป็นต้นแบบให้กับของเล่นและสื่อการเรียนรู้มากมายที่เราคุ้นเคยกันในปัจจุบัน

ของขวัญแห่งการเล่นของเฟรเบลนั้นแม้จะดูเรียบง่าย แต่แฝงไว้ด้วยความหมายเชิงปรัชญาและโครงสร้างที่เป็นระบบ ขณะเดียวกันก็เปิดโอกาสให้เด็กได้สนุกและมีส่วนร่วมอย่างเต็มที่ จุดมุ่งหมายสำคัญคือ ให้เด็กได้มองเห็นคุณค่า เรียนรู้ และชื่นชมรูปร่าง รูปทรง ลวดลายหรือแบบรูป และความสมมาตรที่ปรากฏในธรรมชาติเพื่อเข้าใจโลกรอบตัวผ่านการรังสรรค์ด้วยมุมมองและสองมือของตนเอง (เรสสิก, 2562) ด้วยแนวคิดที่มองความงามของรูปร่างรูปทรงในธรรมชาติ เช่น ใบไม้ ลูกไม้ ผลไม้ ผลึกหิมะ อย่างมีระบบและมีเหตุผล เฟรเบลจึงเน้นการสร้างสรรครูปแบบการเล่นที่หลากหลายบนพื้นฐานแนวคิดแบบทิกัด (Grid) ผ่านอุปกรณ์และวิธีการต่างๆ (พรเทพ เลิศเทวศิริ, 2567) ของขวัญจากเฟรเบลจึงมิได้เป็นเพียงของเล่นเท่านั้น แต่ยังเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้เด็กตระหนักว่า

สรรพสิ่งในธรรมชาติล้วนเชื่อมโยงสัมพันธ์กัน (Provenzo, 2009)

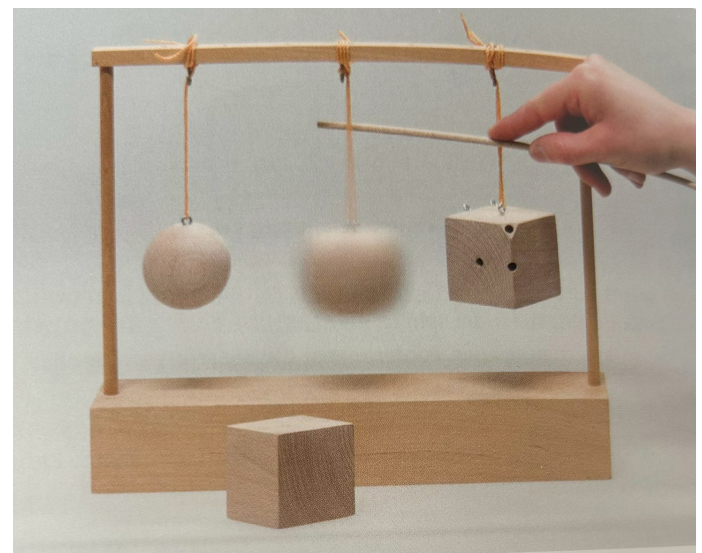
เฟรเดอริชได้พัฒนาชุดของขั้วแห่งการเรียนรู้ที่ปฏิบัติกันเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้อย่างเป็นลำดับ โดยเริ่มต้นจากแนวคิดพื้นฐาน เช่น สัมพันธภาพเชิงพื้นที่ การเคลื่อนไหว รูปทรง ไปสู่แนวคิดที่ซับซ้อนมากขึ้น เช่น พื้นที่ สมมาตร ส่วนใหญ่และส่วนย่อย หน่วย (Modularity) และ พิกัด (Grid) โดยในแต่ละชุดมีคู่มือที่ช่วยให้เด็กสามารถเรียนรู้ผ่านการเล่น และการทำงานหรือกิจกรรมได้อย่างหลากหลาย เฟรเดอริชได้พัฒนาชุดของขั้วเหล่านี้ไว้อย่างน้อย 20 ชุด ซึ่งในภายหลังมักถูกแบ่งออกเป็นชุดของขั้ว (Gifts) และชุดกิจกรรมหรืองาน (Occupations) อย่างไรก็ตาม แนวคิดดั้งเดิมของเฟรเดอริชเองมิได้มีการแบ่งกลุ่มดังกล่าวไว้อย่างชัดเจน (Provenzo, 2009)



ภาพ 8-10 ของขั้วแห่งการเรียนรู้ “Spielgaben” ชุดที่ 1-6 ของเฟรเดอริช พร้อมคู่มือ

ของขั้ว 6 ชุดแรกเป็นชุดหลักที่เริ่มต้นจากสิ่งที่เป็นรูปธรรมด้วยวัตถุที่เป็นสามมิติ (ภาพ 8 - 10) ประกอบด้วย ของขั้วชุดที่ 1 ลูกบอลผ่านรูจำนวน 6 ลูก ซึ่งเด็กสามารถเล่นได้ตั้งแต่วัยทารก เฟรเดอริชออกแบบให้ลูกบอลแต่ละลูกมีรูปทรงเหมือนกันและขนาดเท่ากัน แต่มีสีที่แตกต่างกันเพื่อแสดงถึงความเป็นเอกภาพ (Unity) โดยเลือกใช้ทรงกลมเป็นสัญลักษณ์ของความสมบูรณ์และถือเป็นรูปทรงในอุดมคติ เนื่องจากมีสัดส่วนเท่ากันและไม่มีจุดเริ่มต้นหรือสิ้นสุด สีของลูกบอลมีทั้งสีปฐมภูมิ ได้แก่ แดง น้ำเงิน เหลือง และสีทุติยภูมิ ได้แก่ ม่วง ส้ม เขียว ที่เป็นการผสมผสานระหว่างสีหลักจากลูกบอลแต่ละคู่เพื่อแสดงถึงการสังเคราะห์ (Provenzo, 2009) ลูกบอลแต่ละลูกยังมีสายโยงสำหรับห้อย แกว่ง หมุน ดึง เพื่อพัฒนาความเข้าใจแนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับตำแหน่ง ทิศทาง การเคลื่อนที่ เช่น ที่นี้-ที่นั่น ข้างบน-ข้างล่าง ซ้าย-ขวา ผ่านการกระทำต่างๆ เช่น จับ ปล่อย โกว กลิ้ง ช้อน ซึ่งช่วยส่งเสริมการเรียนรู้คำศัพท์และการประสานสัมพันธ์ระหว่างมือกับตาของเด็ก นอกจากนี้ ลูกบอลยังใช้ประกอบเพลงนิทาน และการสมมติเป็นสิ่งต่างๆ รอบตัวเด็กอีกด้วย

ของขั้วชุดที่ 2 เฟรเดอริชเปลี่ยนจากวัตถุที่นุ่ม (Soft) เป็นของแข็ง (Solid) และเปลี่ยนจากรูปทรงที่เหมือนกันในชุดที่ 1 สู่รูปทรงที่แตกต่างกัน นั่นคือ บล็อกไม้ทรงกลม ทรงกระบอก และลูกบาศก์ ซึ่งเป็นของเล่นที่แสนจะดูเรียบง่าย แต่เฟรเดอริชได้แฝงมิติทางอภิปรัชญา (Metaphysical) โดยแสดงหลักการของความเป็นเอกภาพ (Principle of Unity) ที่สะท้อนว่าทุกสิ่งในธรรมชาติไม่ว่าจะมีชีวิตหรือไม่มีชีวิตล้วนเชื่อมโยงและสัมพันธ์กัน นอกจากนี้ยังสะท้อนหลักการวิภาษวิธี (Dialectical Principle) ที่อธิบายว่าความแตกต่างหรือสิ่งที่ดูตรงกันข้ามสามารถหลอมรวมจนเกิดเป็นสิ่งใหม่ได้อย่างกลมกลืน เช่น การผสมผสานระหว่างความโค้งของทรงกลมกับความตรงของลูกบาศก์ที่ก่อให้เกิดทรงกระบอกที่มีทั้งความโค้งและความตรงอยู่ร่วมกันอย่างสมดุล (Provenzo, 2009) เฟรเดอริชได้สาธิตหลักการนี้ผ่านการหมุนบล็อกไม้ทรงกระบอกอย่างรวดเร็วทำให้เห็นเป็นรูปทรงคล้ายทรงกลม (ภาพ 11) ของขั้วชุดนี้จึงมักถูกใช้เป็นสัญลักษณ์เพื่อรำลึกถึงเฟรเดอริชที่ปรากฏตามสถานที่สำคัญต่างๆ (ภาพ 12)



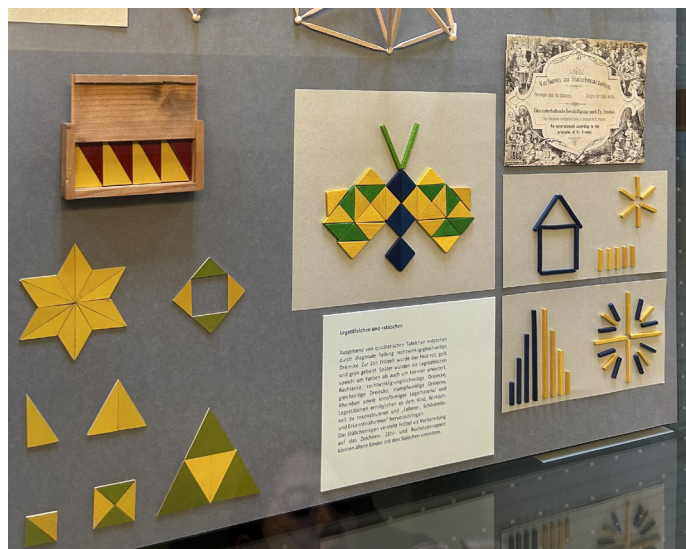
ภาพ 11 การแสดงหลักการวิภาษวิธีในของขั้วชุดที่ 2 จากหนังสือ Friedrich-Fröbel-Museum (2015)



ภาพ 12 Fröbelblick รูปปั้นของขั้วชุดที่ 2 ใน Thüringer Wald ถ่ายโดย Elisabeth Otto ที่มาภาพ <https://www.tourenportal-thueringer-wald.de/en/tour/hiking-trail/circular-route-groschwitz-barop-tower-thuringian-forest/38651809/>

ของขั้วขั้วชุดที่ 3 - 6 (ภาพ 10) เป็นชุดบล็อกไม้ที่แต่ละชุด มีการแบ่งเป็นส่วนย่อยที่แตกต่างกันเพื่อให้เด็กได้สำรวจแนวคิดเกี่ยวกับ รูปทรง ขนาด จำนวน เศษส่วน สัดส่วน (Proportion) มาตราส่วน (Scale) พื้นที่ ปริมาตร ความสมมาตร ความสมดุล โมดูลหรือหน่วยย่อย (Modularity) โดยชุดที่ 3 เป็นลูกบาศก์ที่มีความกว้าง ยาว และสูงเท่ากัน ชุดที่ 4 เป็นทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก/ปริซึมสี่เหลี่ยมที่กว้าง 1 นิ้ว ยาว 2 นิ้ว และสูง 1/2 นิ้ว ชุดที่ 5 - 6 เป็นส่วนขยายที่เพิ่มความซับซ้อนจากชุดที่ 3 - 4 โดยชุดที่ 5 เป็นลูกบาศก์และปริซึมสามเหลี่ยม และชุดที่ 6 เป็น ทรงสี่เหลี่ยมมุมฉากที่มีขนาดต่างกัน 3 ขนาด ซึ่งเด็กจะได้ใช้บล็อกเหล่านี้ เป็นองค์ประกอบในการสร้างสรรค์โครงสร้างทางสถาปัตยกรรมบนพื้นหรือ โต๊ะที่มีเส้นตารางแบบพิกิด (Gridded Tables) อย่างเป็นระบบ

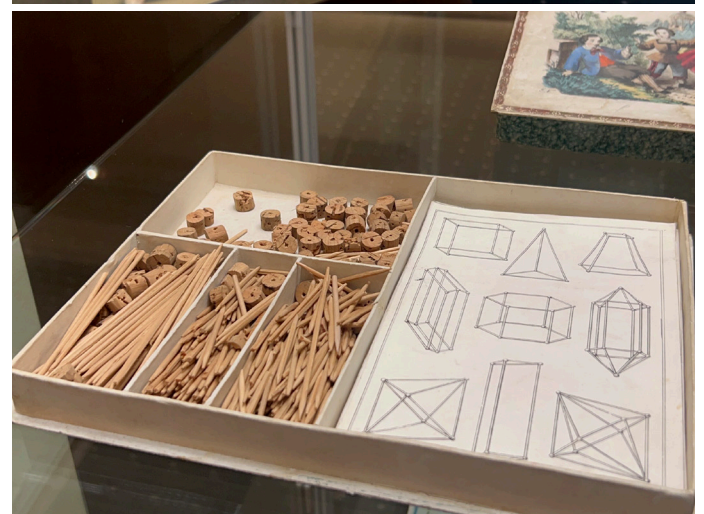
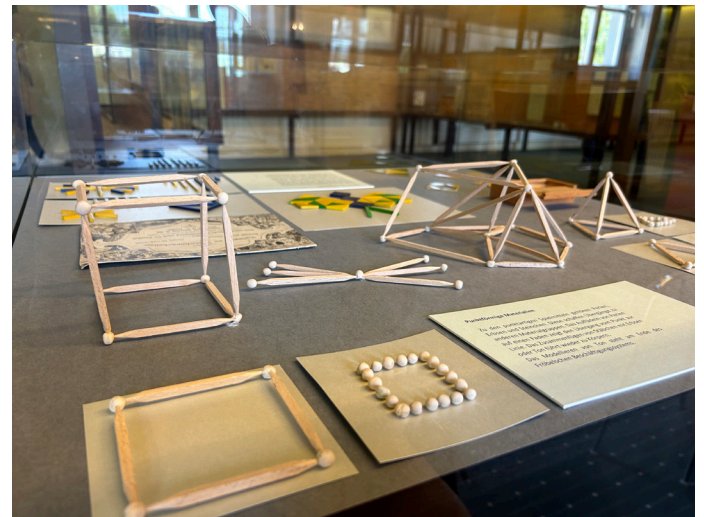
จากวัตถุที่เป็นสามมิติใน 6 ชุดแรก เฟรเดอริคได้พัฒนาของขั้ว ขชุดที่ 7 ขึ้นเพื่อเชื่อมโยงการรับรู้จากสิ่งที่เป็นรูปธรรมไปสู่นามธรรมมากขึ้น โดยเรียกชุดนี้ว่า Parquetry (พาเกทรี) ซึ่งประกอบด้วยชิ้นส่วนรูปเรขาคณิต ที่มีลักษณะเรียบแบน (Plane Geometry) เช่น สี่เหลี่ยม สามเหลี่ยม วงกลม ครึ่งวงกลม รวมไปถึงของขั้วชุดที่ 8 แท่งไม้เส้น-ยาวหลากสี และชุดที่ 9 ชิ้นส่วนวงกลม ครึ่งวงกลม สำหรับการสร้างสรรค์เพื่อให้เด็ก เห็นความสัมพันธ์ของเส้น รูปร่าง ลวดลายหรือแบบรูป (Pattern) และความงามของความสมมาตร (ภาพ 13)



ภาพ 13 ชุดรูปเรขาคณิตและเส้นสำหรับการสร้างสรรค์

เฟรเดอริคยังได้คิดค้นอุปกรณ์สำหรับการเล่นและการทำงาน ในชุดที่ 10 - 20 ไม่ว่าจะเป็นการวาด การปักหรือเจาะ การเย็บ การตัด การสาน การพับ การต่อ การปั้น หลายชุดถูกออกแบบให้เป็นลักษณะ ปลายเปิดเพื่อกระตุ้นจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ของเด็ก โดย เน้นการสร้างสรรคขึ้นใหม่ (Reconstructions) หนึ่งในชุดที่ผู้เขียน สนใจเป็นพิเศษคือ ของขั้วชุดที่ 19 Peas work หรือการต่อเมล็ดถั่ว (ภาพ 14 - 15) ประกอบด้วยวัสดุที่ทำหน้าที่เป็นจุดเชื่อมต่อ (Hub) เช่น

เมล็ดถั่ว ดินเหนียว ลูกปัด ไม้ก๊อก ร่วมกับแท่งไม้ (Rod) ที่ใช้เป็นแกน สำหรับเชื่อมต่อจุดต่างๆ เข้าด้วยกันให้เป็นโครงสร้างรูปแบบต่างๆ ซึ่ง ช่วยให้เด็กได้เรียนรู้แนวคิดการเชื่อมโยงจาก “จุด” ไปสู่ “เส้น” และ พัฒนาต่อไปสู่การสร้าง “รูปทรง” หรือวัตถุสามมิติที่ซับซ้อนมากขึ้น อีกทั้ง ยังช่วยแนะนำให้เด็กได้รู้จักกับหลักการพื้นฐานทางวิศวกรรมอีกด้วย (Provenzo, 2009) ของขั้วชุดนี้ถือเป็นต้นแบบของของเล่นประเภท Hub and Rod และ TinkerToys ที่ได้รับความนิยมและยังคงถูกพัฒนาต่อยอด



ภาพ 14 - 15 ชุดของเล่นสำหรับการสร้าง

ด้วยวัสดุที่หลากหลายมาจนถึงปัจจุบัน และมักถูกนำมาใช้ประกอบใน กิจกรรม STEM รวมทั้ง STEAM อีกด้วย

ระบบของเฟรเดอริคเริ่มต้นจากความเรียบง่ายสู่ความซับซ้อน จากรูปธรรมไปสู่นามธรรม จากวัตถุหรือของแข็ง (Solid) ไปสู่ระนาบ (Plane) ไปสู่เส้น (Line) ไปสู่จุด (Point) แล้วจึงย้อนกลับมาสู่สามมิติอีกครั้ง ดังเช่นของขั้วชุดที่ 20 ที่ให้เด็กได้ทำงานกับรูปทรงที่มีความยืดหยุ่น โดยใช้ดินเหนียวหรือขี้ผึ้งในการปั้นแบบอิสระซึ่งเด็กสามารถกำหนดรูปทรง



ภาพ 16-17 ชุดบล็อกไม้รูปทรงต่างๆ

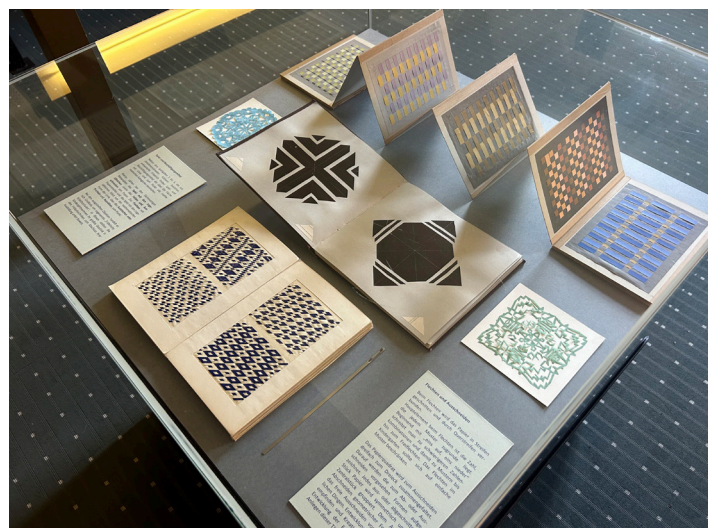
ต่างๆ ได้ตามที่ตนเองต้องการ นอกจากของขวัญทั้ง 20 ชุดแล้ว ยังมีชุดบล็อกไม้อีกหลากหลายรูปแบบที่เป็นส่วนขยายสำหรับนำมาสร้างสรรค์เป็นรูปต่างๆ และบล็อกไม้ที่แสดงถึงการแบ่งสัดส่วนที่แตกต่างกันอีกมากมาย (ภาพ 16 - 17)

เฟรเดอริกให้ความสำคัญกับความแตกต่างหลากหลายในความสามารถของเด็กแต่ละคน จึงออกแบบระดับความท้าทายในการเล่นให้แตกต่างกันผ่านการเลือกใช้วัสดุและจัดทำคู่มือที่มาพร้อมกับชุดของเล่นแต่ละชุด เช่น การออกแบบให้ลูกบาศก์แต่ละด้านมีลวดลายและพื้นผิวที่แตกต่างกัน สำหรับให้เด็กเล่นวางตามแบบในระดับความซับซ้อนที่ต่างกัน โดยให้เด็กวางตามตำแหน่งเพียงอย่างเดียวในระดับพื้นฐาน หากต้องการเพิ่มความท้าทายก็จะเล่นวางโดยสังเกตตามลวดลายของไม้แต่ละด้านด้วย ชุดงานเย็บปักถักร้อยหรืองานสานจะมีลวดลายหรือแบบรูปจากง่ายไปจนถึงซับซ้อนมากๆ หรือชุดงานพับ เฟรเดอริกใส่ใจกับรายละเอียดในการออกแบบ โดยกำหนดขนาดของกระดาษว่าไม่ควรเล็กกว่า 10 ซม. เพื่อให้เด็กสามารถสังเกตรูปร่างที่เกิดขึ้นและการเปลี่ยนแปลงในขณะที่เด็กพับได้ และสำหรับเด็กโตจะใช้เทคนิคการพับและการสานโดยใช้แถบกระดาษหรือแถบผ้าที่มีความกว้าง 2.5 ซม. (ภาพ 18 - 19)

ของขวัญจากเฟรเดอริกไม่ได้จำกัดขอบเขตอยู่เพียงศาสตร์แขนงใดแขนงหนึ่ง แต่เป็นการผสมผสานศิลปะและการออกแบบเข้ากับวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และวิศวกรรม ไม่ว่าจะเป็นการให้เด็กได้สร้างลวดลายโมเสกจากรูปเรขาคณิต สร้างหอคอยจากบล็อกไม้ ประกอบโครงสร้างสามมิติโดยใช้แท่งไม้และเมล็ดถั่ว (เรสนิก, 2562) จะเห็นได้ว่าการเล่นนั้นเป็นสิ่งที่ทรงคุณค่าซึ่งช่วยพัฒนาเด็กอย่างเป็นองค์รวม ไม่เพียงแต่สติปัญญาเท่านั้น แต่ยังรวมถึงช่วยส่งเสริมร่างกาย อารมณ์ จิตใจ และสังคมผ่านการเรียนรู้ด้วยความสนุกสนานอีกด้วย

เฟรเดอริกผู้สร้างแรงบันดาลใจ

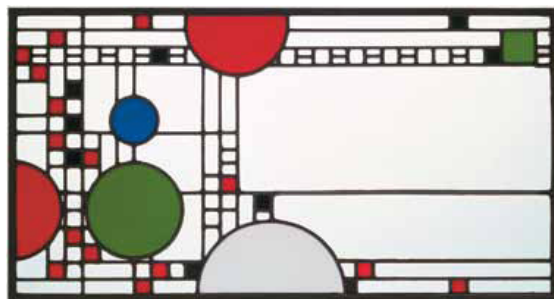
แนวคิดสวนเด็กและของขวัญแห่งการเล่นจากเฟรเดอริกไม่เพียงมีอิทธิพลต่อการจัดการศึกษาในเวลาต่อมาเท่านั้น แต่ยังเป็นแรงบันดาลใจสำคัญที่นำไปสู่การทดลองทางศิลปะในแนวอาวองการ์ด (Avant-garde) ซึ่งเน้นความคิดสร้างสรรค์และความแปลกใหม่จากขนบธรรมเนียมเดิม โดยมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาแนวคิดทางศิลปะ งานออกแบบและสถาปัตยกรรมสมัยใหม่ (O'Connor & Kinchin, 2012) ตัวอย่างเช่น Buckminster Fuller สถาปนิกและนักออกแบบชาวอเมริกัน เจ้าของผลงานอาคารโดมชื่อดังที่ใช้รูปเรขาคณิตที่เรียกว่า Geodesic Dome (ภาพ 20)



ภาพ 18-19 ชุดงานพับและงานสาน



ภาพ 20 Buckminster Fuller กับผลงาน Geodesic dome
ที่มาภาพ https://openlibrary.org/authors/OL770663A/R._Buckminster_Fuller?layout=grid&page=1



ภาพ 21 (บน) หนึ่งในผลงานของ Frank Lloyd Wright “Fallingwater house”
ที่มาภาพ <https://pixabay.com/photos/house-in-nature-house-falling-water-2110133/>
ภาพ 22 (ล่าง) หน้าต่างกระจกของ Avery Coonley Playhouse ผลงานของ Frank Lloyd Wright
ที่มาภาพ Joseph H. Heil Fund, The Museum of Modern Art (O'Connor & Kinchin, 2012)

ได้กล่าวถึงจุดเริ่มต้นสำคัญที่ช่วยจุดประกายการออกแบบมาจากการเล่นกับของขวัญจากเฟรเบลชุด Peas Work ในวัยเด็ก เช่นเดียวกับ Frank Lloyd Wright ที่กล่าวถึงประสบการณ์การเล่นของขวัญจากเฟรเบลเมื่อวัยเยาว์เป็นรากฐานสำคัญในการนำเอาแนวคิดเกี่ยวกับรูปทรงและพิกัดมาใช้ออกแบบผลงานสถาปัตยกรรมหลายชิ้น จนได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นมรดกโลกจาก UNESCO (ภาพ 21) รวมถึงผลงานหน้าต่างกระจกรูปเรขาคณิตสีสันสดใส (ภาพ 22) ก็ได้แรงบันดาลใจจากเฟรเบลเช่นกัน นอกจากนี้ ผลงานศิลปะของศิลปินชั้นแนวหน้า เช่น Piet Mondrian Paul Klee Wassily Kandinsky ยังมีความเชื่อมโยงกับแนวคิดของเฟรเบลอีกด้วย (Provenzo, 2009; เรสник, 2562; พรเทพ เลิศเทวศิริ, 2567) จึงอาจกล่าวได้ว่าเฟรเบลเป็นผู้ที่สร้างแรงบันดาลใจให้กับคนรุ่นหลัง

อย่างแท้จริง

การเยี่ยมชมพิพิธภัณฑ์ Friedrich Fröbel สะท้อนให้เห็นว่า “การเล่น” มิใช่เพียงกิจกรรมเพื่อความสนุกสนานสำหรับเด็กๆ เพียงเท่านั้น แต่ยังเป็นเครื่องมือสำคัญในการสำรวจและเรียนรู้อย่างลึกซึ้งของเด็ก ซึ่งช่วยหล่อหลอมความคิดและความสัมพันธ์ระหว่างเด็กกับโลกรอบตัวอย่างเป็นธรรมชาติ “ของขวัญแห่งการเล่น” จากเฟรเบลยังเป็นเครื่องมือที่ผสมผสานศิลปะ การออกแบบ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และวิศวกรรมเข้าด้วยกันเพื่อช่วยพัฒนาเด็กอย่างเป็นองค์รวม บทความฉบับต่อไป ผู้เขียนจะพาผู้อ่านไปเยี่ยมชมโรงเรียนอนุบาล AWO-Kindergarten “Fröbelhaus” ในเยอรมนี เพื่อสำรวจว่าการนำแนวคิดของเฟรเบลมาใช้ในปัจจุบันนั้นจะเป็นอย่างไร



ภาพ 23 ผู้เขียนกับของขวัญแห่งการเล่น

บรรณานุกรม

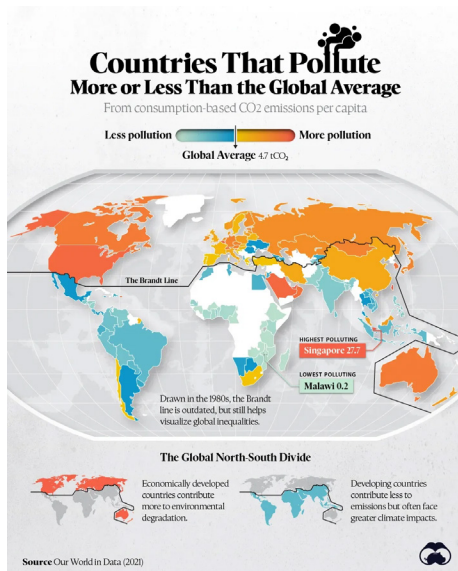
- Biddle, K. A. G. & Garcia-Nevarez, A. G. & Henderson, W. J. R. & Valero-Kerrick, A. (2014). *Early Childhood Education: becoming a professional*. SAGE Publications.
- Friedrich-Fröbel-Museum. (2015). *Fröbels Kindergarten: ein zukunftsmodell aus der vergangenheit*. Bad Blankenburg.
- Fröbel, F. (2012). *The Education of Man* (W. N. Hailmann, Trans.). Dover Publications. (Original work published 1898) <https://www.perlego.com/book/111439>.
- May, H. & Nawrotzki, K. & Prochner, L. (2017). *Kindergarten Narratives on Froebelian Education*. Bloomsbury Publishing.
- O'Connor, A. & Kinchin, J. (2012). *Century of the Child: growing by design, 1900–2000*. The Museum of Modern Art [MOMA]. <https://www.moma.org/momaorg/shared/pdfs/docs/explore/cotc.pdf>.
- Provenzo, E. F., Jr. (2009). Friedrich Froebel's Gifts: connecting the spiritual and aesthetic to the real world of play and learning. *American Journal of Play*, 2(1): 85–99. <https://www.museumofplay.org/app/uploads/2022/01/2-1-article-friedrich-froebels-gifts.pdf>.
- เรสник, เอ็ม. (2562). *Lifelong Kindergarten [อนุบาลตลอดชีวิต]*. Bookscape.
- พรเทพ เลิศเทวศิริ. (2567). เอกสารคำสอนวิชา 2736329 Ed toy design: หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 Friedrich Froebel [เอกสารไม่ได้ตีพิมพ์]. ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.



ภาพจาก: <https://www.pier.or.th/blog/2024/0501/>

ปีวิกฤตแห่งการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศไทย (2568–2569) รู้ทัน ปรับตัว รับมือได้

การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (Climate Change) เป็นปรากฏการณ์ของธรรมชาติที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของโลกตามวัฏจักรอย่างช้าๆ นานนับพันปี แต่ปัจจุบันการเพิ่มขึ้นของแก๊สเรือนกระจก โดยเฉพาะแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นอย่างมากทั่วโลกเร่งให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเร็วขึ้นและมีรูปแบบที่แตกต่างไปจากเดิม ทั้งนี้ เนื่องจากแก๊สเรือนกระจกทำให้เกิดการกักเก็บความร้อนในบรรยากาศของโลก ส่งผลให้อุณหภูมิโลกเฉลี่ยสูงขึ้น และนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศ สิ่งแวดล้อม และภูมิอากาศทั่วโลก อีกทั้งส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจและสังคมในหลากหลายมิติ ซึ่งยากต่อการคาดการณ์และรับมือในระยะยาว



ภาพ 1 การปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ของประเทศต่างๆ ทั่วโลก (Global Average)
ที่มา: Visualcapitalist (2021)

ในปี พ.ศ. 2564 (ปี ค.ศ. 2021) ประเทศต่างๆ ทั่วโลกมีการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย (Global Average) ประมาณ 4.7 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อคนต่อปี (tCO₂) (ภาพ 1) แผนที่แสดงระดับการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ของแต่ละประเทศ โดยใช้การแบ่งสีเพื่อให้เห็นความแตกต่างอย่างชัดเจน โดยพื้นที่ที่เป็นสีฟ้าหรือสีเขียวแสดงถึงประเทศที่มีการปล่อยแก๊สเรือนกระจกต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของโลก ซึ่งส่วนใหญ่เป็นประเทศกำลังพัฒนาหรือประเทศที่เศรษฐกิจยังคงพึ่งพาภาคการเกษตรและทรัพยากรธรรมชาติเป็นหลัก ส่วนพื้นที่ที่เป็นสีส้มหรือสีแดงแสดงถึงประเทศที่มีการปล่อยแก๊สเรือนกระจกสูงกว่าค่าเฉลี่ยของโลก ซึ่งส่วนใหญ่เป็นประเทศอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ที่ใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลในปริมาณมาก ยิ่งสีเข้มมากเท่าใดก็ยิ่งหมายถึงระดับการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่สูงขึ้นเท่านั้น จากข้อมูลจะเห็นได้ว่าประเทศพัฒนาแล้วมีการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าประเทศกำลังพัฒนา แม้ว่าประเทศกำลังพัฒนาจะได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศมากกว่า

ศูนย์วิจัยร่วมแห่งสหภาพยุโรป หรือ Joint Research Centre (JRC) ร่วมกับฐานข้อมูล Emissions Database for Global Atmospheric Research (EDGAR) ได้เผยแพร่รายงาน “GHG Emissions of All World Countries 2025” เมื่อวันที่ 9 กันยายน พ.ศ. 2568 ซึ่งเป็นหนึ่งในแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือที่สุดของโลกสำหรับติดตามแนวโน้มการปล่อย

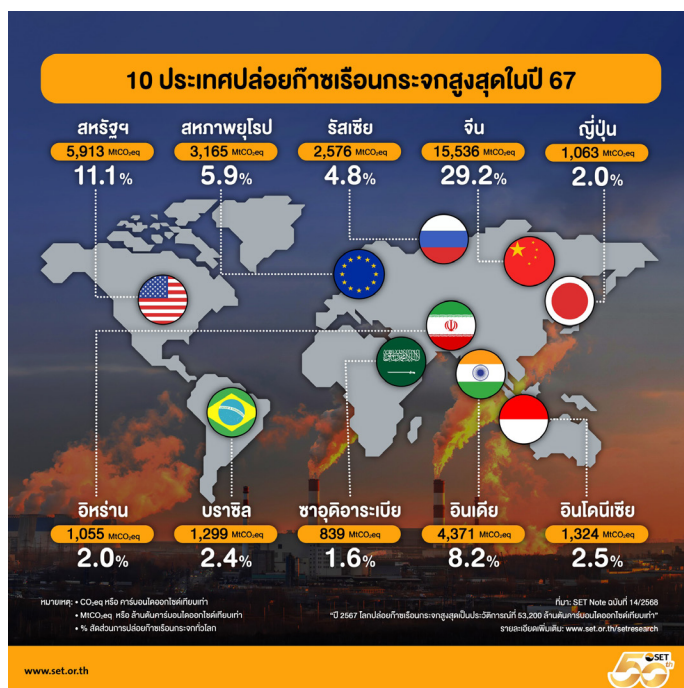
แก๊สเรือนกระจกของแต่ละประเทศ ระบุว่า ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2558 - 2567 ประเทศทั่วโลกปล่อยแก๊สเรือนกระจกรวมกันประมาณ 53,200 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO₂eq) ซึ่งเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.3 เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2566 (ภาพ 2) สะท้อนให้เห็นว่าการลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจกทั่วโลกยังคงเป็นความท้าทายสำคัญ แก๊สเรือนกระจกส่วนใหญ่ของโลกร้อยละ 74.5 เป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล โดยเฉพาะจากภาคอุตสาหกรรมพลังงานซึ่งเป็นแหล่งปล่อยหลัก คิดเป็นประมาณร้อยละ 30 ของการปล่อยทั้งหมดทั่วโลก

สำหรับประเทศไทย รายงานระบุว่าไทยเป็นประเทศที่ปล่อยแก๊สเรือนกระจกสูงสุดอันดับที่ 21 ของโลก และอันดับที่ 3 ในกลุ่มประเทศอาเซียน โดยมีปริมาณการปล่อยรวม ประมาณ 422 ล้านตัน CO₂eq เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2566 12 ล้านตัน CO₂eq หรือ ร้อยละ 2.9 แก๊สเรือนกระจกของไทยส่วนใหญ่ ร้อยละ 67.2 เป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเกิดจากการใช้พลังงานในภาคอุตสาหกรรมและการผลิตไฟฟ้าเป็นหลัก สะท้อนให้เห็นว่าภาคพลังงานยังคงเป็นต้นเหตุสำคัญของการปล่อยแก๊สเรือนกระจกในประเทศ



ภาพ 2 ปริมาณการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากประเทศทั่วโลก ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2558 - 2567
ที่มา: ฝ่ายวิจัย ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย (2568)

ประเทศที่ปล่อยแก๊สเรือนกระจกมากที่สุดในโลกคือ สาธารณรัฐประชาชนจีน และทำสถิติสูงสุดใหม่ที่ 16,536 ล้านตัน CO₂eq หรือคิดเป็นร้อยละ 29.2 ของปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกทั่วโลก โดยมีสาเหตุหลักจากการเติบโตทางเศรษฐกิจ ซึ่งร้อยละ 84.5 ของปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกทั้งหมดของจีนเป็นการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากอุตสาหกรรมพลังงาน (ภาพ 3) แม้ว่าหลายประเทศทั่วโลก รวมถึงประเทศไทย จะมีเป้าหมายลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจกตามสนธิสัญญาข้อตกลงปารีส (Paris Agreement) แต่ข้อมูลล่าสุดนี้แสดงให้เห็นว่าการลดการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกทั่วโลกยังเป็นการกิจสำคัญที่ต้องเร่งดำเนินการอย่างต่อเนื่องเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของแก๊สเรือนกระจกมีความเชื่อมโยงโดยตรงกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก

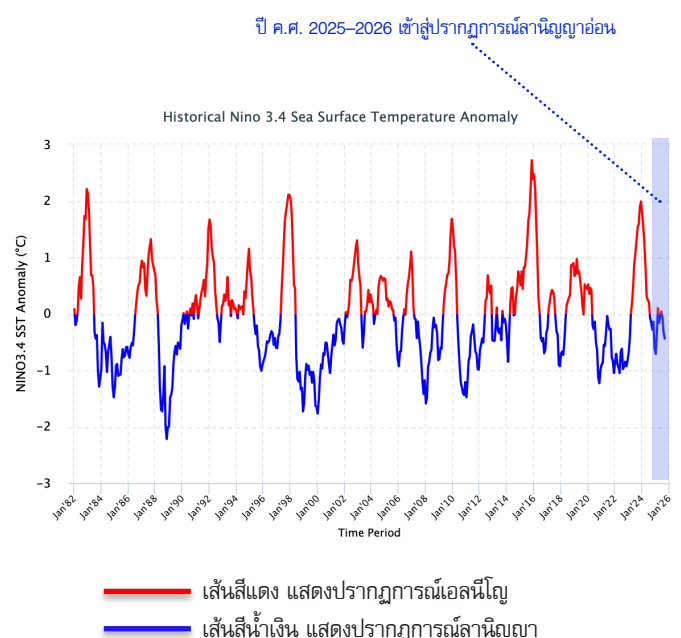


ภาพ 3 10 ประเทศที่ปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกมากที่สุดของโลก
ที่มา: ฝ่ายวิจัย ตลาดหลักทรัพ์แห่งประเทศไทย (2568)

จากรายงานของ National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), Copernicus Climate Change Service (Copernicus) และ World Meteorological Organization (WMO) แสดงให้เห็นว่า ในปี พ.ศ. 2568 (ค.ศ. 2025) นอกจากปริมาณแก๊สเรือนกระจกที่เพิ่มขึ้นจะมีความเชื่อมโยงกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศแล้ว ยังมีความเชื่อมโยงกับปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญา (El Niño-Southern Oscillation: ENSO) ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงและส่งผลกระทบต่อรูปแบบสภาพอากาศของภูมิภาคต่างๆ ทั่วโลก รวมถึงประเทศไทย ซึ่งการคาดการณ์สภาพอากาศในระยะยาวมีความไม่แน่นอนและอาจเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา แม้ในช่วงปลาย ปี พ.ศ. 2568 - 2569 (ค.ศ. 2025 - 2026) ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ. 2568 ถึงกุมภาพันธ์ พ.ศ.

2569 โลกจะเข้าสู่ภาวะลานีญาอ่อน (Weak La Niña) (ภาพ 4) ซึ่งมีความเป็นไปได้ประมาณ ร้อยละ 55 (ภาพ 5 ช่วง DJF) โดยปกติภาวะลานีญา มักส่งผลให้อุณหภูมิโลกลดลงเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม รายงานจาก NOAA (2025), Copernicus Climate Change Service (2025) และ World Meteorological Organization (WMO, 2025) ระบุว่า อุณหภูมิโลกโดยเฉลี่ยยังคงอยู่ในระดับสูงกว่าค่าปกติ และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

จากนั้น ในช่วงต้นปี พ.ศ. 2569 (มกราคม - มีนาคม 2569) คาดว่า โลกอาจเข้าสู่ภาวะเป็นกลาง (ENSO-Neutral) ซึ่งหมายถึงช่วงที่ไม่มีอิทธิพลของเอลนีโญหรือลานีญาอย่างชัดเจน โดยมีความเป็นไปได้ประมาณ ร้อยละ 55 (ดังภาพที่ 5 ช่วง JFM) ทั้งนี้ ในช่วงกลางถึงปลายปี พ.ศ. 2569 มีแนวโน้มว่าโลกอาจเข้าสู่ภาวะเอลนีโญ (El Niño) อีกครั้ง (Climate Prediction Center, 2025) โดยปกติแล้วการเปลี่ยนแปลงของปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญา จะเกิดขึ้นทุกๆ 2 - 7 ปี โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3 - 5 ปี แต่ครั้งมักเกิดต่อเนื่องเป็นระยะเวลาประมาณ 9 - 12 เดือน ทั้งนี้ บางกรณีอาจยืดเยื้อยาวนานกว่าปกติ เช่น ภาวะลานีญาที่เคยต่อเนื่องยาวนานถึง 3 ปี (WMO, 2025 และ NOAA, 2025) อย่างไรก็ตาม ในช่วงระยะหลังพบว่ามีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญามีแนวโน้มเกิดขึ้นถี่และหมุนเวียนเร็วขึ้น ส่งผลให้เหตุการณ์สภาพอากาศสุดขั้ว (Extreme Weather Events) เช่น พายุฝนรุนแรง น้ำท่วม ภัยแล้ง และไฟป่า เกิดขึ้นบ่อยครั้งและมีความรุนแรงมากกว่าที่เคยเกิดขึ้นในอดีต



ภาพ 4 อุณหภูมิพื้นผิวน้ำทะเลที่เบี่ยงเบนไปจากค่าเฉลี่ยปกติในบริเวณตอนกลางของมหาสมุทรแปซิฟิก (Niño 3.4)
(ที่มา: International Research Institute for Climate and Society, 2025)

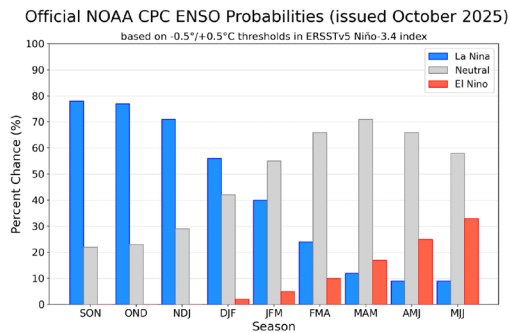


Figure 7. Official ENSO probabilities for the Niño 3.4 sea surface temperature index (5°N-5°S, 120°W-170°W). Figure updated 9 October 2025.

ภาพ 5 การคาดการณ์การเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญา ปี พ.ศ. 2568-2569 (ค.ศ. 2025-2026) โดยข้อมูลอัปเดตเมื่อวันที่ 9 ตุลาคม พ.ศ. 2568 (ที่มา: Climate Prediction Center, 2025)
หมายเหตุ SON ย่อมาจาก September October November

สำหรับประเทศไทย ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเริ่มปรากฏอย่างชัดเจน ทั้งในด้านอุณหภูมิที่มีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง และรูปแบบการกระจายของฝนที่แปรปรวนมากขึ้น ความไม่แน่นอนดังกล่าวนำไปสู่การเกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติที่รุนแรงและถี่ขึ้น ไม่ว่าจะเป็น ภัยแล้งที่ยาวนาน น้ำท่วมเฉียบพลัน หรือพายุที่ทวีความรุนแรง ซึ่งล้วนส่งผลกระทบต่อการใช้ชีวิตของประชาชนทุกภาคส่วน ทั้งด้านเศรษฐกิจ เกษตรกรรม สุขภาพ และความมั่นคงของทรัพยากรน้ำของประเทศ

จากรายงาน Climate Risk Index 2025 โดย Germanwatch ประเทศไทยได้รับการจัดอันดับให้เป็นหนึ่งในประเทศที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติสูงเป็นอันดับที่ 30 จากทั้งหมด 180 ประเทศที่มีความเสี่ยงสูงสุดของโลก ทั้งที่มีการปล่อยแก๊สเรือนกระจกคิดเป็นสัดส่วนเพียงไม่ถึงร้อยละ 1 ของการปล่อยทั่วโลก นับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2559 เป็นต้นมา ประเทศไทยเริ่มเผชิญผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศอย่างชัดเจน โดยเฉพาะกรุงเทพมหานคร ได้รับการจัดให้เป็นหนึ่งในเมืองทั่วโลกที่มีความเสี่ยงสูงต่อการจมน้ำ ภายในปี พ.ศ. 2573 (ค.ศ. 2030) คาดว่าพื้นที่มากถึง ร้อยละ 40 ของกรุงเทพมหานคร อาจได้รับความเสียหายจากน้ำท่วมทั้งที่เกิดจากฝนตกหนักและระดับน้ำทะเลที่เพิ่มสูงขึ้น อีกทั้งยังมีแนวโน้มว่าเมืองหลวงของประเทศไทยจะทรุดตัวลงเฉลี่ยประมาณ 0.8 นิ้วต่อปี (ทีเอ็นเอ็น, 2567) ซึ่งจะยิ่งเพิ่มความเปราะบางต่อสถานการณ์น้ำท่วมในอนาคต (Climate Central, 2023 และ World Bank, 2024)

สภาพอากาศประเทศไทย ปี พ.ศ. 2568 และแนวโน้ม ปี พ.ศ. 2569

ในปี พ.ศ. 2568 ตั้งแต่เดือนมิถุนายน - ตุลาคม ประเทศไทยได้รับผลกระทบจากพายุหลายลูก เช่น วิภา (Wipha) วutip (Wutip) กาจิกิ (Kajiki) นงฟ้า (Nongfa) บัวลอย (Budloi) และเฟิงเจิน (Fengshen) โดยส่วนใหญ่ไม่เข้าไทยโดยตรง แต่ไทยก็ยังได้รับผลกระทบเกิดฝนตกหนักต่อเนื่องในหลายภาคจนเกิดน้ำท่วมและดินถล่ม รวมทั้งมีผู้เสียชีวิต (ภาพ 6)



น้ำท่วมเกิดจากอิทธิพลของพายุโซนร้อนเฟิงเจิน
เดือนตุลาคม พ.ศ. 2568
ที่มา: ไทยรัฐออนไลน์ (2568)



น้ำท่วมสุโขทัยจากอิทธิพลของพายุบัวลอย
เดือนกันยายน พ.ศ. 2568
ที่มา: ทีเอ็นเอ็น (2568)



น้ำท่วมซัดจากอิทธิพลของพายุคากิ
เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2568
ที่มา: ช่อง 8 (2568)



น้ำท่วมหนักจากอิทธิพลของพายุวิภา
เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2568
ที่มา: แนวหน้า (2568)

ภาพ 6 ตัวอย่างภัยพิบัติทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2568

ในช่วงเดือนกันยายน - ตุลาคม พ.ศ. 2568 ประเทศไทยมี “ฝนมากกว่าปกติ” มีความเสี่ยงน้ำท่วมเพิ่ม ภายใต้อิทธิพลของลานีญา โดยเฉพาะพื้นที่ภาคเหนือ ภาคอีสาน และภาคตะวันออก อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยในไทยยังมีแนวโน้มสูงขึ้น แต่ช่วงที่ฝนมากอุณหภูมิอาจไม่ร้อนจัด เมื่อเข้าสู่เอลนีโญในช่วงปลายปี พ.ศ. 2569 (ปี ค.ศ. 2026) อาจมีฝน “น้อยกว่าปกติ” มรสุมอาจมาล่าช้าหรือหมดเร็ว มีโอกาส “คลื่นความร้อน” และอากาศแห้งมากขึ้น ส่งผลให้มีโอกาสเกิดภัยแล้งได้สูงขึ้น (The Nation, 2025)

ช่วงเวลา	ลักษณะอากาศเด่น	ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น
กันยายน – ตุลาคม พ.ศ. 2568 (เข้าสู่ลานีญา)	เข้าสู่ลานีญา ทำให้ฝนมากกว่าปกติ โดยเฉพาะภาคเหนือ อีสาน และตะวันออก	เสี่ยงน้ำท่วมฉับพลัน น้ำล้นตลิ่ง และดินถล่ม
พฤศจิกายน – ธันวาคม พ.ศ. 2568	ฝนเริ่มลดลง เข้าสู่ฤดูหนาวเร็วกว่า ปี พ.ศ. 2567 แต่ยังมีอุณหภูมิสูงกว่าค่าเฉลี่ยระยะยาว	หนาวแล้งและไม่หนาวจัด โดยเฉพาะภาคกลางและภาคใต้ตอนบน
ต้นปี พ.ศ. 2569	ภาวะอากาศแปรปรวน ฝนตกหนักบางช่วง สลับกับอากาศร้อนผิดปกติ	พื้นที่ภาคเหนือและอีสานอาจเผชิญหมอกควันจากการเผาในที่โล่ง
ปลายปี พ.ศ. 2569 (เข้าสู่เอลนีโญ)	เข้าสู่เอลนีโญ ทำให้ฝนน้อยกว่าปกติ มรสุมมา “ช้า-หมดเร็ว”	เสี่ยงภัยแล้ง อากาศร้อนจัด และคลื่นความร้อน (Heatwave)

สรุป

- ปี พ.ศ. 2568 ฝนมากกว่าปกติ (ลานีญา) → เสี่ยงน้ำท่วม
- ปี พ.ศ. 2569 ฝนน้อย—ร้อนจัด (เอลนีโญ) → เสี่ยงภัยแล้งและคลื่นความร้อน

แนวทางการเตรียมพร้อมและรับมือของประชาชนทั่วไป

■ ด้านน้ำท่วม (ช่วงลานีญา ปลายปี พ.ศ. 2568)

- ติดตาม ตรวจสอบข่าวพยากรณ์อากาศ และคำเตือนจากกรมอุตุนิยมวิทยา และกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย
- จัดเตรียมถุงยังชีพฉุกเฉิน ของใช้จำเป็น เช่น อาหารแห้ง ยา ไฟฉาย เอกสารสำคัญใส่ถุงกันน้ำ รวมถึงยารักษาโรคประจำตัวให้พร้อมอยู่เสมอ
- ยกเครื่องใช้ไฟฟ้าและของมีค่าไว้ที่สูง หากอยู่ในพื้นที่ลุ่มต่ำ
- สำรองระบบระบายน้ำรอบบ้านให้โล่งอยู่เสมอ
- ลงทะเบียนรับ SMS เตือนภัยน้ำท่วมจาก Thai Disaster Alert (<https://www.disaster.go.th/>)

■ ด้านภัยแล้งและคลื่นความร้อน (ช่วงเอลนีโญ ปี พ.ศ. 2569)

- กักเก็บน้ำไว้ใช้ช่วงหน้าแล้ง โดยใช้น้ำอย่างประหยัด
- หลีกเลี่ยงกิจกรรมกลางแจ้งช่วงอุณหภูมิสูง (11.00 - 15.00 น.)
- สวมเสื้อผ้าที่ระบายอากาศดี และดื่มน้ำบ่อยๆ
- เฝ้าระวังผู้สูงอายุ เด็ก และสัตว์เลี้ยงจากภาวะ “ลมแดด (Heat Stroke)”
- หลีกเลี่ยงการเผาในที่โล่งเพื่อลดความเสี่ยงไฟป่าและหมอกควัน

■ ด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อม

- พกหน้ากากอนามัย (N95) โดยเฉพาะในช่วงที่มีหมอกควันและฝุ่นละออง (เดือนมกราคม - เมษายน)
- รับประทานอาหารและดื่มน้ำให้เหมาะกับฤดูกาล เช่น ดื่มน้ำมากช่วงอากาศร้อน
- ดูแลสุขภาพจิต เพราะสภาพอากาศร้อนจัดหรือฝนตกต่อเนื่องอาจกระทบอารมณ์

■ ด้านเศรษฐกิจและการดำรงชีวิต

- เกษตรกรควรวางแผนปลูกพืชให้สอดคล้องกับฤดูกาล เช่น ปี พ.ศ. 2568: เน้นการปลูกพืชที่ใช้น้ำมาก เช่น ข้าวนาปี ปี พ.ศ. 2569: การปลูกพืชที่ทนแล้ง เช่น มันสำปะหลัง ข้าวโพด
- ธุรกิจหรือชุมชนควรมี “แผนสำรองน้ำและพลังงาน”
- ใช้ระบบเก็บน้ำฝน หรือ รีไซเคิลน้ำภายในครัวเรือน

■ ด้านข้อมูลและการสื่อสาร

ติดตามข่าวสารจากแหล่งทางการที่เชื่อถือได้ เช่น

- กรมอุตุนิยมวิทยา (<https://www.tmd.go.th/>)
- กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย (<https://www.disaster.go.th/>)
- องค์การอุตุนิยมวิทยาโลก (<https://wmo.int/>)
- ใช้แอป “Thai Weather” หรือ “TMD Smart Weather” เพื่อตรวจสอบพยากรณ์รายพื้นที่

จากข้อมูลการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกทั่วโลกที่ยังคงเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง สะท้อนให้เห็นถึงภารกิจเร่งด่วนที่ทั่วโลกต้องร่วมมือกันลดการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกอย่างจริงจัง ขณะเดียวกัน แนวโน้มสภาพภูมิอากาศในช่วงปี พ.ศ. 2568 - 2569 แสดงให้เห็นว่าโลกกำลังเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงทางภูมิอากาศอย่างต่อเนื่อง โดยมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยที่สูงขึ้น และยังคงได้รับผลกระทบจากปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญาซึ่งส่งผลต่อสภาพอากาศของประเทศไทย รวมทั้งวิถีการดำรงชีวิตของประชาชนในหลายด้าน ดังนั้น การส่งเสริมความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศให้แก่ทุกภาคส่วน โดยเฉพาะในสถานศึกษา จึงเป็นแนวทางสำคัญที่จะช่วยให้สังคมสามารถปรับตัว รับมือ และร่วมกันลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้อย่างยั่งยืน

สสวท. ได้ดำเนินการจัดทำหลักสูตรที่สอดคล้องกับความต้องการของประเทศและสถานการณ์สิ่งแวดล้อมในปัจจุบัน โดยเฉพาะประเด็นการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เพื่อสนับสนุนเป้าหมายของประเทศไทยในการมุ่งสู่การเป็นประเทศที่มีการปล่อยแก๊สเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero) ภายในปี พ.ศ. 2593 (ค.ศ. 2050) ซึ่งนับเป็นก้าวสำคัญของการศึกษาไทย สสวท. ให้ความสำคัญกับการเสริมสร้างความเข้าใจและความตระหนักรู้แก่ครูและนักเรียนให้เข้าใจกลไกของการเปลี่ยนแปลงทางธรรมชาติ สามารถมีส่วนร่วมในการปรับตัวและรับมือกับผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ รวมทั้งเป็นพลังสำคัญในการอนุรักษ์และดูแลสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน ผู้ที่สนใจสามารถศึกษาข้อมูลและสื่อการเรียนรู้เพิ่มเติมได้จากตัวอย่างหนังสือเรียนและคู่มือครู “กิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ” ของ สสวท. ได้ที่เว็บไซต์ <https://globethailand.ipst.ac.th/media.php> 

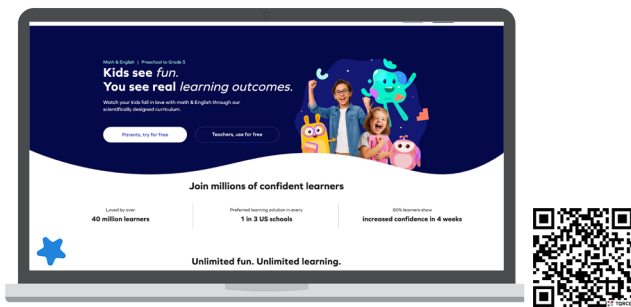




ภาพจาก: facebook ฝนฟ้าพายุกรณ์ วุฒิพร รุ่งพิลาชัย <https://www.facebook.com/groups/553646005086651/user/100059025047033>

บรรณานุกรม

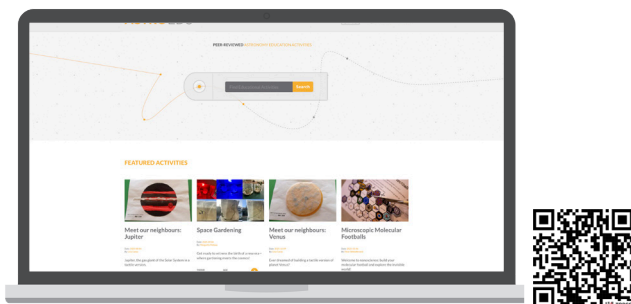
- Climate Prediction Center. (2025). *El Niño/Southern Oscillation (ENSO) Diagnostic Discussion*. Retrieved October 9, 2025, from https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/enso_advisory/figure07.gif.
- Climate Central. (2023). *Rising Seas, Flooding Coasts*. Retrieved September 27, 2023, from <https://www.climatecentral.org/climate-matters/rising-seas-flooding-coasts-2023>.
- Copernicus Climate Change Service. (2025). Global Temperature Continues to Break Records. European Centre for Medium-Range Weather Forecasts. Retrieved May 7, 2025, from <https://climate.copernicus.eu/copernicus-second-warmest-april-globally-global-temperature-still-more-15degc-above-pre-industrial>.
- Emissions Database for Global Atmospheric Research (EDGAR). (2025). *GHG Emissions of all World Countries 2025 Report*. Retrieved October 20, 2025, from https://edgar.jrc.ec.europa.eu/report_2025.
- Germanwatch. (2025). *Climate Risk Index 2025*. Retrieved September 27, 2023, from <https://www.germanwatch.org/en/cr/>.
- International Research Institute for Climate and Society. *ENSO Forecast*. October 2025 Quick Look. Retrieved October 20, 2025, from <https://iri.columbia.edu/our-expertise/climate/forecasts/enso/current/>.
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (2025). Global Climate Report – August 2025. NOAA National Centers for Environmental Information. Retrieved October 20, 2025, from <https://www.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/global/202508>
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (2025). La Niña FAQs. Retrieved October 20, 2025, from <https://www.pmel.noaa.gov/elnino/lanina-faq#:~:text=ปรากฏการณ์ลานีญาเกิดขึ้นบ่อยแค่ไหน?%20เอลนีโญและลานีญาเกิดขึ้นโดยเฉลี่ยทุก%203%20ถึง%205%20ปี%20อย่างไรก็ตาม,1995%2C%201998%2C%202007%20และ%202010%20โดยทั่วไปแล้ว%20เหตุการณ์เหล่านี้จะยังคงดำเนินต่อไปจนถึงฤดูใบไม้ผลิปีถัดมา>
- Thai Meteorological Department. (2025). รายงานสภาพภูมิอากาศประเทศไทย ปี 2568. Retrieved October 20, 2025, from <https://tmd.go.th/>.
- The Nation. (2025). *Thailand Braces for Heavy Rain in Sept-Oct 2025, Drought Risk Looms in 2026*. Retrieved August 26, 2025, from https://www.nationthailand.com/news/general/40054509?utm_source=chatgpt.com.
- Visualcapitalist. (2021). *Countries that Pollute more or Less than the Global Average*. Retrieved September 2, 2025, <https://www.voronoiapp.com/climate/Red-Countries-Pollute-More-Than-the-Global-Average-Blue-Countries-Less-2742>.
- World Bank. (2024). Thailand Economic Monitor July 2024 – Climate Change will Further Strain Bangkok’s Infrastructure and the Nation’s Economy (Report No. P50100914f725005f1b9211803e7e17020a). Retrieved August 26, 2025, from <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099062924133030977/pdf/P50100914f725005f1b9211803e7e17020a.pdf>.
- World Meteorological Organization (WHO). (2025). La Niña May Return, Temperatures Likely to be above Average. Retrieved September 2, 2025, from <https://wmo.int/news/media-centre/la-nina-may-return-temperatures-are-likely-be-above-average>.
- World Meteorological Organization (WHO). (2025). El Niño / La Niña. <https://wmo.int/topics/el-nino-la-nina#:~:text=เอลนีโญและลานีญาเกิดบ่อยครั้ง,เวลาที่กินเวลานานหลาย>
- ช่อง 8. (2568). คลิปข่าวเช้าช่อง 8: ฤทธิ์ “พายุคาจิกิ” น้ำป่าทะลักซัดฝ่ายแตก พื้นที่เกษตรเสียหายกว่า 500 ไร่ 25 สิงหาคม 2568. สืบค้นเมื่อ 25 สิงหาคม 2568, จาก <https://www.youtube.com/watch?v=V9kY0s6RTkw>.
- ทีเอ็นเอ็น. (2567). ปี 2568 ไทยเสี่ยงภัยพิบัติจากสภาพภูมิอากาศสุดขั้วเพิ่ม ร้อนแล้งจัด-ฝนหนักน้ำท่วม มาครบ. สืบค้นเมื่อ 27 ธันวาคม 2567, จาก https://www.tnnthailand.com/social/184894/?utm_source=chatgpt.com.
- ทีเอ็นเอ็น. (2568). “สุโขทัย” อ่วม! ชาวบ้านติดเกาะ 2 วันอันตราย “พายุบัวลอย” ป่วนไทย. สืบค้นเมื่อ 29 กันยายน 2568, จาก <https://www.youtube.com/watch?v=uNOXdr5JDtM>.
- ไทยรัฐออนไลน์. (2568). ภูเก็ตอ่วม “ฝนตกหนัก” ต่อเนื่องหลายชั่วโมง ทำ “น้ำท่วมขัง” หลายพื้นที่. สืบค้นเมื่อ 20 ตุลาคม 2568, จาก <https://www.thairath.co.th/news/local/south/2890093>.
- แนวหน้า. (2568). ป่วนหนักมาก!!! ฤทธิ์พายุไต้ฝุ่น น้ำท่วมถล่มถึงหลังคา สะพานข้ามแม่น้ำพังถล่ม. สืบค้นเมื่อ 23 กรกฎาคม 2568, จาก <https://www.naewna.com/local/901199>.
- ฝ่ายวิจัย ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย. (2568). ปี 2567 โลกปล่อยแก๊สเรือนกระจกสูงสุดเป็นประวัติการณ์ที่ 53,200 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า. SET Note Volume 14/2568. สืบค้นเมื่อ 9 ตุลาคม 2568, จาก <https://media.set.or.th/common/research/1552.pdf>.



SplashLearn

<https://www.splashlearn.com>

SplashLearn แพลตฟอร์มการเรียนรู้ผ่านเกม (Game-based Learning) ที่ออกแบบมาเพื่อให้นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาโดยเฉพาะโดดเด่นด้วยการเปลี่ยนเนื้อหาคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนให้กลายเป็นภารกิจในรูปแบบเกมที่ดึงดูดใจ ใช้กระบวนการเกมมิฟิเคชัน (Gamification) กระตุ้นให้เกิดความสนุกในการเรียนรู้ ครูสามารถสร้างห้องเรียน เพิ่มนักเรียน มีแดชบอร์ดเพื่อมอบหมายงาน เกม ใบกิจกรรม โดยเลือกเนื้อหาตามหลักสูตรหรือปรับเปลี่ยนลดงานที่มอบหมายได้รายบุคคล และติดตามผลการเรียนรู้ได้ตลอดเวลา นับเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้ครูสามารถจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ได้อย่างเป็นระบบและส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนได้อย่างดี



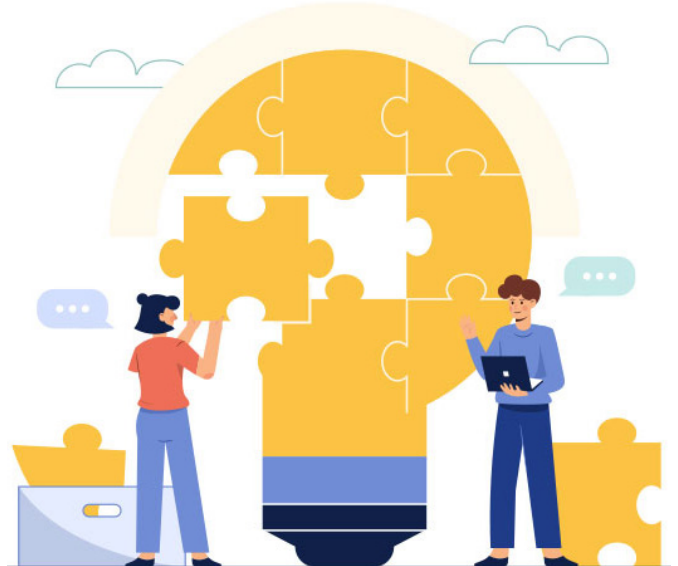
astroEDU

<https://astroedu.iau.org>

astroEDU แพลตฟอร์มคลังกิจกรรมการเรียนรู้ดาราศาสตร์ ภายใต้การดูแลของสหพันธ์ดาราศาสตร์สากล (International Astronomical Union) เป็นแหล่งรวบรวมกิจกรรมการเรียนรู้ที่น่าเชื่อถือด้วยกิจกรรมที่ผ่านกระบวนการ Peer Review โดยนักวิทยาศาสตร์และนักวิชาการศึกษา จึงมั่นใจได้ในความถูกต้องแม่นยำทางวิชาการ เนื้อหาเน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ครอบคลุมตั้งแต่วิทยาศาสตร์โลก ระบบสุริยะ ไปจนถึงจักรวาลวิทยา เหมาะสำหรับครูวิทยาศาสตร์ที่ต้องการสื่อการสอนที่มีคุณภาพ ทั้งใบงานและคู่มือการทดลอง เพื่อใช้จัดกิจกรรมการสอนช่วยทำให้เนื้อหาดาราศาสตร์ที่เป็นเรื่องไกลตัวให้เป็นประสบการณ์การเรียนรู้ที่จับต้องได้และสร้างแรงบันดาลใจให้นักเรียนได้อย่างดี



เว็บช่วยเหลือ



OpenSciEd

<https://opensci.ed.org>

แหล่งรวมหลักสูตรและสื่อการสอนวิทยาศาสตร์แบบเปิด (Open Educational Resources) จากสหรัฐอเมริกาที่เปิดให้ครูทั่วโลกดาวน์โหลดไปใช้ได้โดยไม่มีการจำกัดจุดเด่นคือ การออกแบบบทเรียนที่สอดคล้องกับมาตรฐานการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ (Next Generation Science Standards) ของสหรัฐอเมริกา โดยยึดหลักการเรียนรู้ผ่านปรากฏการณ์จริง (Phenomenon-based Learning) ซึ่งเริ่มต้นบทเรียนด้วยเหตุการณ์ที่น่าสงสัย เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนตั้งคำถามและสืบเสาะหาคำตอบ ภายในเว็บไซต์มีแผนการสอน สื่อสไลด์ และคู่มือครูที่ละเอียดครบถ้วน ครอบคลุมเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ เคมี และชีววิทยา เหมาะสำหรับครูวิทยาศาสตร์ที่ต้องการต้นแบบการสอนที่เน้นให้นักเรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ผ่านการทดลองวิทยาศาสตร์





สสวท. ร่วมพิธีทำบุญตักบาตรและพิธีบำเพ็ญกุศล วันนวมินทร มหาราช ณ กระทรวงศึกษาธิการ

รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระเดช เจียรสุขสกุล ผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) นำคณะผู้บริหาร และบุคลากร สสวท. ร่วมพิธีทำบุญตักบาตรและพิธีบำเพ็ญกุศลอุทิศถวายแด่ พระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศรมหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร (ในหลวงรัชกาลที่ 9) เพื่อแสดงความจงรักภักดีและ น้อมรำลึกในพระมหากรุณาธิคุณที่ทรงมีแก่พสกนิกรชาวไทย เนื่องใน วันคล้ายวันสวรรคต 13 ตุลาคม “วันนวมินทรมหาราช” โดยมี รัฐมนตรี ว่าการกระทรวงศึกษาธิการ (รมว.ศธ.) เป็นประธานในพิธี พร้อมด้วยรัฐมนตรี ช่วยว่าการกระทรวงศึกษาธิการ ตลอดจนคณะผู้บริหารระดับสูง ข้าราชการ เจ้าหน้าที่กระทรวงศึกษาธิการ เข้าร่วมในพิธี เมื่อวันที่ 13 ตุลาคม พ.ศ. 2568 ณ หอประชุมคุรุสภา กระทรวงศึกษาธิการ



สสวท. วางพานพุ่มดอกไม้ถวายราชสักการะ เนื่องในวัน เทคโนโลยีของไทย

คณะผู้บริหารและเจ้าหน้าที่ สสวท. ร่วมพิธีวางพุ่มดอกไม้ถวาย ราชสักการะพระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศรมหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร ในฐานะทรงเป็น “พระบิดาแห่งเทคโนโลยีของไทย” เนื่องในวันเทคโนโลยีของไทย ประจำปี พ.ศ. 2568 ณ กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม เมื่อวันที่ 19 ตุลาคม พ.ศ. 2568



สสวท. จัดปฐมนิเทศจุดประกายเยาวชนไทยสู่เวทีโลก ไปแข่งขัน โอลิมปิกวิชาการระดับนานาชาติ ประจำปี พ.ศ. 2569

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) จัดปฐมนิเทศการอบรมคัดเลือก ครั้งที่ 1 โครงการจัดส่งผู้แทนประเทศไทย ไปแข่งขันคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์โอลิมปิกระหว่างประเทศ ประจำปี พ.ศ. 2569 ระหว่างวันที่ 6 - 8 ตุลาคม พ.ศ. 2568 ณ โรงแรมแกรนด์ ทาวเวอร์อินน์ กรุงเทพมหานคร โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระเดช เจียรสุขสกุล ผู้อำนวยการ สสวท. เป็นประธานเปิดการอบรม พร้อมกล่าวให้โอวาทและ แนะนำแนวทางพัฒนาเยาวชนไทยให้มีความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างรอบด้าน โดยมีนักเรียนที่ผ่านการคัดเลือกจากทั่วประเทศ ในวิชาคณิตศาสตร์ คอมพิวเตอร์ เคมี และฟิสิกส์ เข้าร่วมกิจกรรมเพื่อ เตรียมความพร้อมด้านความรู้ ทักษะ และทัศนคติที่จำเป็นต่อการเป็น ตัวแทนประเทศไทยในเวทีระดับนานาชาติ รวมถึงรับฟังรายละเอียดการอบรม คัดเลือก ครั้งที่ 1 และทุนโอลิมปิกวิชาการ



สสวท. โชว์ศักยภาพเทคโนโลยีการศึกษา จัดนิทรรศการธีม “Digital Technologies for Smart Education” ที่งาน Expo 2025 ประเทศญี่ปุ่น

รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระเดช เจียรสุขสกุล ผู้อำนวยการ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) เข้ารับ รางวัลผลการประเมินคุณธรรมและความโปร่งใสในการดำเนินงานของ หน่วยงานภาครัฐ (Integrity and Transparency Assessment: ITA) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2568 พร้อมด้วยคณะผู้บริหารและพนักงาน สสวท. โดยมี ดร.สุเทพ แก่งสันธิยะ ปลัดกระทรวงศึกษาธิการ เป็น ประธานในงาน MOE ITA AWARDS 2025 พิธีมอบรางวัลการประเมิน คุณธรรมและความโปร่งใสในการดำเนินงานของหน่วยงานภาครัฐ (ITA) กระทรวงศึกษาธิการ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2568 เมื่อวันที่ 24 กันยายน พ.ศ. 2568 ณ หอประชุมคุรุสภา กระทรวงศึกษาธิการ

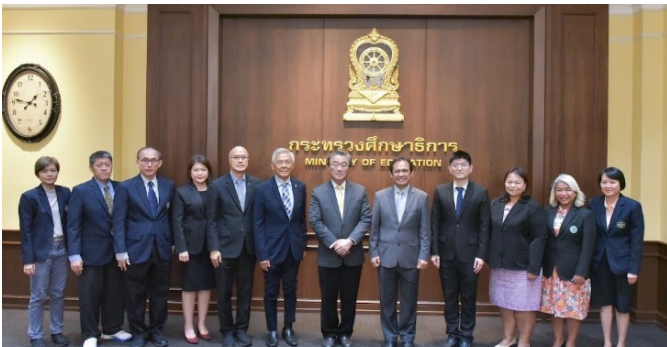


สสวท. ปฐมนิเทศผู้รับทุน พสวท. ระดับปริญญาโท-เอก และปริญญาเอก ศึกษา ณ ต่างประเทศ ประจำปีการศึกษา 2568

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) จัดกิจกรรมปฐมนิเทศและทำสัญญาให้ทุนการศึกษาสำหรับผู้รับทุน พสวท. ระดับปริญญาโท-เอก และปริญญาเอก ศึกษา ณ ต่างประเทศ ประจำปีการศึกษา 2568 ระหว่างวันที่ 22 - 23 กันยายน พ.ศ. 2568 ณ ห้องประชุมวัน โรงแรมเอเชีย กรุงเทพมหานคร โดยมี **รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระเดช เจียรสุขสกุล** ผู้อำนวยการ สสวท. เป็นประธานในพิธีเปิด พร้อมกล่าวบรรยายและให้โอวาทแก่นักเรียนทุน

ประชุมคณะกรรมการกำหนดนโยบายผู้มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 41-1/2568

รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระเดช เจียรสุขสกุล ผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) พร้อมด้วย **ดร.สุพัตรา ผาติวิสันต์** รองผู้อำนวยการ นำคณะพนักงาน สสวท. เข้าร่วมกิจกรรมเคารพธงชาติและร้องเพลงชาติไทย เนื่องในวันพระราชทานธงชาติไทย (Thai National Flag Day) ประจำปี 2568 ณ บริเวณหน้าเสาธง กระทรวงศึกษาธิการ เมื่อวันที่ 29 กันยายน พ.ศ. 2568

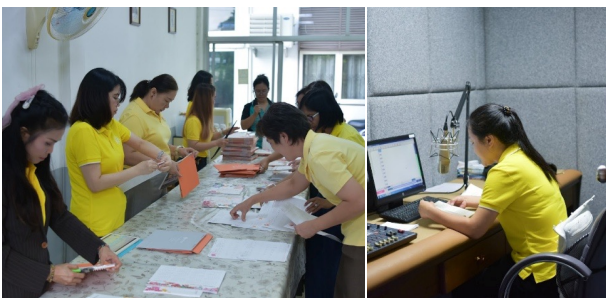


คณะกรรมการ และ ผู้บริหาร สสวท. รับมอบนโยบาย รมช. ศธ. เน้น “เรียนเพื่อรู้ ใช้ชีวิต และประกอบอาชีพได้”

เมื่อวันที่ 10 ตุลาคม พ.ศ. 2568 คณะกรรมการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ผู้บริหาร และเจ้าหน้าที่ สสวท. เข้าร่วมประชุมรับมอบนโยบายด้านการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์จาก **นายองอาจ วงษ์ประยูร** รัฐมนตรีช่วยว่าการกระทรวงศึกษาธิการ ณ ห้องประชุมราชวัลลภ กระทรวงศึกษาธิการ

วันนวมินทรมหาราช 13 ตุลาคม สสวท. น้อมรำลึกในพระมหากรุณาธิคุณ

รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระเดช เจียรสุขสกุล ผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) เป็นประธานในพิธีและนำคณะผู้บริหาร พนักงาน สสวท. จัดพิธีวันนวมินทรมหาราช เพื่อน้อมรำลึกในพระมหากรุณาธิคุณ เนื่องในวันคล้ายวันสวรรคต พระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร 13 ตุลาคม “วันนวมินทรมหาราช” ณ สำนักงานชั่วคราว สสวท. อาคารสิริวิทยุญ เมื่อวันที่ 9 ตุลาคม พ.ศ. 2568



สสวท. จัดกิจกรรมจิตอาสา “สัมผัสด้วยใจ...โลกใบใหม่ที่ไร้ขอบเขต” ณ ศูนย์เทคโนโลยีเพื่อคนตาบอด จังหวัดนนทบุรี

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) จัดกิจกรรมจิตอาสาสมัครอ่านหนังสือบันทึกเสียงให้คนตาบอด “สัมผัสด้วยใจ...โลกใบใหม่ที่ไร้ขอบเขต” กิจกรรมประกอบด้วยการอ่านบันทึกหนังสือเสียงและการคัดแยกปฏิทินเตรียมผลิตหนังสืออักษรเบรลล์ เมื่อวันที่ 16 ตุลาคม พ.ศ. 2568 ณ ศูนย์เทคโนโลยีเพื่อคนตาบอด ตำบลบางตลาด อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี



สสวท.-สพอ. ลงนาม MOU พัฒนาหลักสูตร “AI & Digital Ethics for Educators” ยกระดับการศึกษาไทยสู่การใช้ AI อย่างมีจริยธรรม

รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระเดช เจียรสุขสกุล ผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) และ ดร.ชัยชนะ มิตร์พันธ์ ผู้อำนวยการสำนักงานพัฒนาธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์ (สพอ.) ร่วมลงนามบันทึกข้อตกลงความร่วมมือทางวิชาการ “โครงการออกแบบหลักสูตรการใช้ปัญญาประดิษฐ์และเทคโนโลยีดิจิทัลอย่างมีจริยธรรมเพื่อการศึกษา (AI & Digital Ethics for Educators)” พร้อมด้วยผู้บริหารและนักวิชาการ สสวท. ครู และอาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิ ร่วมประชุมและระดมสมองเพื่อการออกแบบหลักสูตร ณ ห้องอุบลชาติ โรงแรมสวิสโฮเทล รัชดา กรุงเทพมหานคร



สสวท. เสริมพลังเครือข่ายครู สวค. ภาคอีสาน เดินหน้าพัฒนาครูวิทยุ-คณิต สู่ยุค AI จุดประกายการศึกษาไทยอย่างยั่งยืน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ร่วมกับ ศูนย์เครือข่ายวิชาการครู สวค. ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และโรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาราชวิทยาลัย บุรีรัมย์ จัดประชุมเครือข่ายวิชาการครู สวค. ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และการประชุมวิชาการนำเสนอผลงานครู สวค. ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ครั้งที่ 7 ระหว่างวันที่ 17 - 18 ตุลาคม พ.ศ. 2568 ณ โรงเรียนนครพนมวิทยาคม จังหวัดนครพนม การประชุมครั้งนี้มีบัณฑิต สวค. ทั้งกลุ่มผู้บริหารโรงเรียน ครูผู้สอน ศึกษานิเทศก์ และอาจารย์มหาวิทยาลัย เข้าร่วมงานประมาณ 100 คน



สสวท. ขอเชิญชวน “รับชมคลิปย้อนหลัง” การประชุมนำเสนอผลงานด้านการประเมินเพื่อพัฒนาผู้เรียน “Formative Assessment Showcase 2025: แลกเปลี่ยนเรียนรู้สู่การปฏิบัติในชั้นเรียน”

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ขอเชิญชวนทุกท่าน “รับชมคลิปย้อนหลัง” การประชุมนำเสนอผลงานด้านการประเมินเพื่อพัฒนาผู้เรียน “Formative Assessment Showcase 2025: แลกเปลี่ยนเรียนรู้สู่การปฏิบัติในชั้นเรียน” ซึ่งจัดขึ้นระหว่างวันที่ 6 - 7 กันยายน พ.ศ. 2568 ณ โรงแรมเบสท์ เวสเทิร์น จตุจักร กรุงเทพมหานคร โดยคลิปลิงก์กล่าวประกอบด้วย พิธีเปิด การบรรยายพิเศษ กิจกรรมระดมความคิด และการนำเสนอผลงานของครูระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 17 คน สามารถรับชมคลิปย้อนหลังได้ที่เว็บไซต์ <https://ipst.me/FA-Showcase> โดยคลิกที่เมนู “เอกสาร ภาพ และคลิปการประชุม”



สสวท. อบรมบัณฑิต สวค. ในการจัดการเรียนรู้ปัญญาประดิษฐ์ (AI)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) จัดอบรมเชิงปฏิบัติการ “การจัดการเรียนรู้ปัญญาประดิษฐ์ (AI) ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น” สำหรับบัณฑิตโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สวค.) ระหว่างวันที่ 5 - 7 กันยายน พ.ศ. 2568 ณ โรงแรมแอมบาสซาเดอร์ กรุงเทพมหานคร มุ่งเสริมสร้างความพร้อมของครูรุ่นใหม่ให้สามารถออกแบบการสอนด้านปัญญาประดิษฐ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ พัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ความเข้าใจและสร้างชิ้นงานด้วย AI ได้จริง ก้าวสู่การเป็นนักนวัตกรรมในอนาคต

สวัสดีคุณผู้อ่านที่รัก ฉบับนี้ตายจะชวนคุณมาสัมผัสกับเรื่องราวที่น่าสนใจและเต็มไปด้วยความหวังสำหรับอนาคตของอาหารโลก นั่นคือการใช้เทคโนโลยี CRISPR เพื่อช่วยให้พืชตระกูลธัญพืชอย่างข้าวสาลีสามารถผลิตปุ๋ยไนโตรเจนเองได้โดยไม่ต้องพึ่งพาปุ๋ยเคมีจากโรงงาน!

คุณเคยสงสัยไหมว่า... ปุ๋ยไนโตรเจนที่เป็นหัวใจสำคัญของการปลูกพืชและข้าวที่เรากินกันทุกวันนี้มาจากไหน?

ไนโตรเจนเป็นสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต แต่พืชส่วนใหญ่ (โดยเฉพาะพืชตระกูลธัญพืชอย่างข้าวสาลี) ไม่สามารถนำไนโตรเจนที่มีอยู่มหาศาลในอากาศมาใช้ได้โดยตรง พวกมันจึงต้องพึ่งพาปุ๋ยเคมีที่เราใส่ลงไปในดิน ซึ่งการผลิตปุ๋ยเคมีมีต้นทุนสูง ต้องใช้พลังงานมากและที่สำคัญคือ ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมอย่างร้ายแรง ทั้งการปนเปื้อนในแหล่งน้ำและการปล่อยแก๊สไนตรัสออกไซด์ที่เป็นแก๊สเรือนกระจกตัวร้ายทำให้เกิดภาวะโลกร้อน

นักวิทยาศาสตร์จึงตั้งคำถามสำคัญว่า ถ้าเช่นนั้นเราจะช่วยให้พืชสามารถ “หาอาหารกินเองได้” โดยไม่ต้องพึ่งพาสารเคมีได้อย่างยั่งยืนได้อย่างไร?

การปฏิวัติในภาคเกษตรกรรมที่มาพร้อมกับ “ปัญหาการปนเปื้อนของปุ๋ยเคมีในสิ่งแวดล้อม” คุณๆ ทราบไหมว่าการผลิตปุ๋ยไนโตรเจนที่เราใช้กันทั่วโลกต้องอาศัยกระบวนการฮาเบอร์-บอช (Haber-Bosch Process) ซึ่งเป็นการสร้างแอมโมเนีย (NH₄) จากแก๊สไนโตรเจน (N₂) และแก๊สไฮโดรเจน (H₂) เพื่อนำมาใช้เป็นปุ๋ยเคมีและสารตั้งต้นสำหรับอุตสาหกรรมอื่นๆ ณ เวลานั้นในอดีตวิธีการนี้ถือว่าการปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งใหญ่ที่ช่วยให้โลกมีอาหารพอเลี้ยงประชากรหลายพันล้านคน แต่กระบวนการนี้เป็นหนึ่งในกระบวนการทางเคมีที่ใช้พลังงานสูงมาก และมีการประเมินว่าการผลิตปุ๋ยไนโตรเจนทั่วโลกใช้พลังงานเทียบเท่ากับการบริโภคพลังงานของประเทศขนาดเล็กเลยทีเดียว นอกจากนี้ มันยังปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาในปริมาณมหาศาล ดังนั้น การหาวิธีการที่จะทำให้พืชผลิตปุ๋ยเองได้จึงไม่ได้เป็นเพียงแค่การลดภาระเกษตรกรแต่เป็นการช่วยลดรอยเท้าคาร์บอน (Carbon Footprint) ของระบบอาหารโลกอย่างแท้จริง

CRISPR: เทคนิคที่เปลี่ยนเกมแห่งศตวรรษ (Genetic Scissors หรือ กรรไกรพันธุกรรม)

คำตอบอยู่ที่ CRISPR (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats) หรือที่ตายอยากจะเรียกว่า “กรรไกรพันธุกรรมเปลี่ยนโลก”

สำหรับน้องๆ นักเรียนมัธยม โดยเฉพาะในชั้น ม.4 ที่น่าจะจะได้เรียนมาจากวิชาชีววิทยาแล้วว่า CRISPR-Cas9 คือ เครื่องมือตัดต่อยีนที่มีความแม่นยำสูง มันทำหน้าที่เหมือนกรรไกรที่สามารถเข้าไปตัด “ยีน” หรือรหัสพันธุกรรมที่ต้องการออกไปหรือแก้ไขรหัสพันธุกรรมเดิมของสิ่งมีชีวิตเพื่อให้เกิดคุณสมบัติใหม่ๆ ตามที่เราต้องการ

เจาะลึกกลไก: Cas9 (กรรไกร) + guide RNA (เข็มทิศ)

CRISPR-Cas9 ประกอบด้วยสองส่วนหลักที่ทำงานร่วมกัน ดังนี้

1. เอนไซม์ Cas9 (The Scissors): เปรียบเสมือนกรรไกรตัด



Q
U
I
Z

ดีเอ็นเอ มันมีความสามารถในการตัดสายดีเอ็นเอของสิ่งมีชีวิต

2. Guide RNA (gRNA) (The GPS/เข็มทิศ): เปรียบเสมือนระบบนำทางหรือ GPS ที่ถูกออกแบบมาให้จดจำและเข้าคู่กับลำดับดีเอ็นเอเป้าหมายที่ต้องการแก้ไขเท่านั้น เมื่อ gRNA พา Cas9 ไปถึงตำแหน่งที่ถูกต้องแล้ว Cas9 จึงจะลงมือตัด

เมื่อดีเอ็นเอถูกตัดออก เซลล์พืชก็จะพยายามซ่อมแซมตัวเอง ซึ่งในระหว่างการซ่อมแซมนั้น นักวิทยาศาสตร์สามารถแทรกแซงเพื่อปิดยีนบางตัวหรือเปลี่ยนลำดับพันธุกรรมบางส่วนได้อย่างแม่นยำ นี่คือหัวใจสำคัญที่ทำให้เราสามารถ “สั่ง” ให้ข้าวสาลีทำในสิ่งที่เราต้องการได้

ในกรณีของข้าวสาลีที่ตายนำมาเล่าในครั้งนี้นักวิจัยจากมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนีย เดวิส และมหาวิทยาลัยโทรอนโตได้ใช้เทคนิคนี้เพื่อปรับปรุงให้ข้าวสาลีสามารถใช้ประโยชน์จากไนโตรเจนในอากาศได้ดีขึ้น

เบื้องหลังความมหัศจรรย์ ที่ทำให้ “ข้าวสาลีเป็นนักสื่อสารลับ!”

วิธีการของนักวิทยาศาสตร์นั้นฉลาดมาก ๆ แทนที่พวกเขาจะพยายามยัดเยียด “ยีนสร้างปุ๋ย” เข้าไปในต้นข้าวสาลี ซึ่งทำได้ยากและมีข้อจำกัด พวกเขาเลือกที่จะแก้ไขรหัสพันธุกรรมของข้าวสาลีบางส่วน (โดยเข้าไปปรับแก้ไขยีนที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์สารฟลาโวน) ด้วย CRISPR

การแก้ไขนี้ ส่งผลทำให้รากของข้าวสาลีปล่อยสารที่ชื่อว่า Apigenin (เอพิจินี) ออกมาในปริมาณที่เพิ่มขึ้น

การปรับแก้ไขยีนเฉพาะจุด โดยการปรับเปลี่ยนเส้นทางเมตาบอลิซึม ยีน F3'H

โดยปกติ ข้าวสาลีจะผลิตสาร Apigenin ได้ตามธรรมชาติอยู่แล้ว แต่ในปริมาณที่น้อยเกินกว่าจะดึงดูดแบคทีเรียได้อย่างมีประสิทธิภาพ นักวิจัยจึงพุ่งเป้าไปที่ยีนที่ควบคุมการผลิตสารตระกูลฟลาโวนที่ชื่อว่า Flavonoid-3'-hydroxylase (F3'H)

เมื่อใช้ CRISPR เข้าไปปิดการทำงานของยีน F3'H นี้ จะเกิดอะไรขึ้น? มันเหมือนกับการปิดกั้น “ทางแยก” ในโรงงานการผลิตสารเคมีของพืชทำให้สารตั้งต้นที่เคยเปลี่ยนไปเป็นฟลาโวนชนิดอื่น ถูกเปลี่ยนมาเป็น Apigenin ในปริมาณที่มากขึ้นแทน! การแก้ไขเพียงเล็กน้อยนี้จึงส่งผลให้ข้าวสาลีมี “สัญญาณลับ” ที่เข้มข้นขึ้นมาก

แล้ว Apigenin คือสารที่ทำหน้าที่อะไร? Apigenin ทำหน้าที่เหมือน “สัญญาณลับ” และสัญญาณลับนี้ส่งถึงใครกันล่ะ? สัญญาณลับนี้จะส่งไปถึง Diazotrophic Bacteria (จุลินทรีย์ที่สามารถตรึงไนโตรเจนใน

อากาศได้ โดยในบรรยากาศโลกมีไนโตรเจนมากถึง 78% ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่มีอยู่ตามธรรมชาติในดิน จากนั้นแบคทีเรียเหล่านี้จะถูกดึงดูดให้มาเกาะกลุ่มกันที่รากของข้าวสาลี แล้วพวกมันจะสร้าง Biofilm (ไบโอฟิล์ม) หรือ “เกราะป้องกันตัวเอง” ล้อมรอบรากไว้ ซึ่งเกราะ Biofilm นี้จะช่วยสร้างสภาพแวดล้อมที่มีออกซิเจนต่ำ (Microaerophilic) เพื่อปกป้องเอนไซม์ไนโตรจีเนสของแบคทีเรียไม่ให้ถูกทำลาย

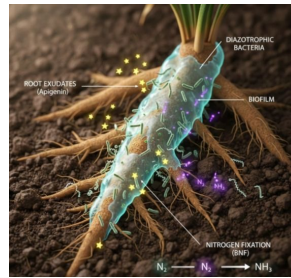
เมื่อเอนไซม์ทำงานได้อย่างเต็มที่แบคทีเรียก็จะสามารถเปลี่ยนแก๊สไนโตรเจนในอากาศให้เป็นแอมโมเนีย (ปุ๋ย) ซึ่งรากข้าวสาลีสามารถดูดซึมไปใช้ได้ทันที แล้วผลลัพธ์คืออะไร? ข้าวสาลีที่ถูกแก้ไขยีนเหล่านี้สามารถเติบโตได้ดี ให้ผลผลิตสูงขึ้นถึง 72% - 100% แม้จะได้รับปุ๋ยไนโตรเจนเพียงครึ่งเดียวหรือน้อยกว่าต้นข้าวสาลีทั่วไป

แต่ก็มีข้อกังวลที่ต้องจับตามองและเฝ้าติดตามว่าวิธีการนี้จะส่งผลทำให้เกิด SuperWeed หรือซูเปอร์วัชพืชหรือไม่ ซึ่งแน่นอนว่าทุกความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีมันมักจะมาพร้อมกับข้อกังวลที่สำคัญเสมอ ประเด็นที่หลายคนเป็นห่วงคือ ถ้ามีวัชพืชในแปลงปลูกข้าวสาลีที่ตัดต่อนี้ได้รับยีนเข้าไปด้วยก็จะทำให้เกิดเป็น “SuperWeed” โดยจะมีผลทำให้วัชพืชนี้กลายเป็นวัชพืชที่สามารถสร้างปุ๋ยไนโตรเจนเองได้และเติบโตอย่างรวดเร็วเหนือการควบคุมนั่นเอง

ท้ายมองว่าเรื่องนี้เป็นข้อกังวลที่ต้องและต้องจับตาดูอย่างใกล้ชิด โดยมีประเด็นที่ต้องเฝ้าระวังดังต่อไปนี้

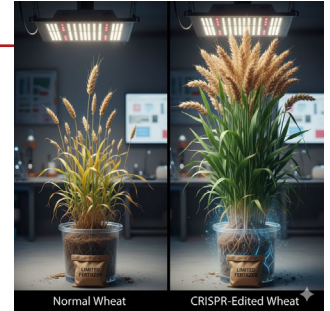
1. ความเสี่ยงจากการถ่ายยีน: หากยีนที่ถูกแก้ไขในข้าวสาลีเกิดการถ่ายทอดไปยังพืชป่าหรือวัชพืชที่เกี่ยวข้องผ่านการผสมเกสร (Gene Flow) ก็อาจทำให้วัชพืชนั้นมีคุณสมบัติในการหลั่งสาร Apigenin มากขึ้น
2. วัชพืชที่แข็งแรงขึ้น: หากวัชพืชสามารถดึงดูดแบคทีเรียตรึงไนโตรเจนได้ดีขึ้นจริง มันก็จะสามารถแข่งขันกับพืชผลหลักได้ดีขึ้น ทำให้ยากต่อการควบคุม

แล้วถ้ามันเกิดขึ้น เราจะรับมือสถานการณ์นี้กันอย่างไร? คงต้องเริ่มจากการออกแบบความปลอดภัยตั้งแต่จากห้องทดลองสู่ไร่นาเพื่อจำกัดการแพร่กระจายของยีนที่ถูกแก้ไข เทคโนโลยีนี้เรียกว่าการ “ออกแบบการหลั่งสารจากราก” เพื่อดึงดูดแบคทีเรีย (Associative BNF) ซึ่งต่างจากการพยายามใส่ยีนตรึงไนโตรเจนเข้าไปในเซลล์พืชโดยตรง แต่ถึงกระนั้น สิ่งสำคัญที่สุดคือ การควบคุมและกฎระเบียบโดยนักวิทยาศาสตร์ต้องออกแบบการทดลองภายใต้ระบบปิดและมีการศึกษาความเสี่ยงทางสิ่งแวดล้อม (Biosafety) อย่างละเอียดถี่ถ้วนก่อนที่จะมีการนำมาใช้ในเชิงพาณิชย์เพื่อให้แน่ใจว่าประโยชน์ที่เราได้รับจากอาหารปลอดภัย ต้นทุนต่ำลง และสิ่งแวดล้อมที่ดีขึ้น จะไม่นำมาซึ่งความเสี่ยงใหม่ๆ ในระบบนิเวศ โดยมีความจำเป็นต้อง 1) ทำการศึกษา Gene Flow ในวงกว้าง: ต้องมีการวิจัยอย่างเข้มข้นว่าการถ่ายยีนของข้าวสาลีไปยังพืชใกล้เคียงเกิดขึ้นได้จริงและมากน้อยเพียงใดในสภาพแวดล้อมจริง 2) การใช้ยีนควบคุม: บางเทคโนโลยีอาจมีการใช้ยีนที่ถูกออกแบบมาให้ทำงานเฉพาะในสภาวะที่กำหนดเท่านั้น หรือใช้กลไกที่ทำให้พืชเป็นหมัน (Male Sterility) เพื่อป้องกันการผสมเกสรและถ่ายยีนไปสู่พืชชนิดอื่น 3) การกำกับดูแลที่เข้มงวด: รัฐบาลและหน่วยงานกำกับดูแลด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ (Biosafety) ต้องมีบทบาทสำคัญในการประเมินความเสี่ยงและกำหนดกฎเกณฑ์ที่ชัดเจนก่อนจะอนุญาตให้ข้าวสาลีที่ถูกแก้ไขยีนเหล่านี้ถูกนำไปปลูกในแปลงจริง นอกจากนี้



ภาพแสดงให้เห็นถึงรากพืชที่ปล่อยสาร Apigenin ออกมาในดิน และมีแบคทีเรียตรึงไนโตรเจนที่กำลังถูกดึงดูดเข้ามาเกาะและสร้างไบโอฟิล์มรอบๆ ราก ที่มา: OpenAI. (2025). ChatGPT. AI generated image.

ภาพแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของข้าวสาลี 2 ต้น ต้นหนึ่งคือ ต้นปกติที่ได้รับปุ๋ยไม่เพียงพอ และอีกต้นคือ ข้าวสาลีที่ถูกแก้ไขยีน (CRISPR) ซึ่งเติบโตได้ดีกว่า และให้ผลผลิตที่สมบูรณ์กว่า แม้จะได้รับปุ๋ยจำกัด ที่มา: OpenAI. (2025). ChatGPT. AI generated image.



การสร้างความตระหนักและการมีส่วนร่วมของสาธารณชนก็เป็นสิ่งสำคัญที่ไม่สามารถละเลยได้

และเมื่อคิดเชื่อมโยงสู่ชีวิตประจำวันของคุณๆ และตาย พบว่าเทคโนโลยี CRISPR และข้าวสาลีที่ผลิตปุ๋ยเองได้นี้ ไม่ได้เป็นเพียงเรื่องในห้องทดลองเท่านั้น แต่คือเครื่องมือสร้างความหวังในการผลิตอาหารให้กับมนุษย์ทั้งโลกกันเลยทีเดียว โดยมันกำลังนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงครั้งใหญ่ในระบบการเกษตรโลกที่จะทำให้พวกเราได้

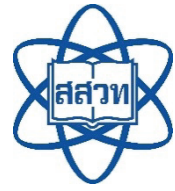
- อาหารปลอดภัยและราคาถูกลง? เมื่อเกษตรกรใช้ปุ๋ยเคมีน้อยลงหรือไม่ต้องใช้เลย ต้นทุนการผลิตก็จะลดลง ซึ่งอาจส่งผลให้ราคาอาหารในตลาดลดลงได้ในอนาคต
- สิ่งแวดล้อมที่ดีขึ้น: การลดการใช้ปุ๋ยเคมีจำนวนมหาศาล เท่ากับการช่วยลดมลพิษในน้ำและลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจกที่นำไปสู่ภาวะโลกร้อน
- ความมั่นคงทางอาหาร: เทคโนโลยีนี้เปิดประตูให้เราสามารถปรับปรุงพืชผลอื่นๆ ให้มีความสามารถคล้ายกันเพื่อให้สามารถอยู่รอดและให้ผลผลิตสูงได้แม้ในพื้นที่ที่ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

อนาคตไม่ได้หยุดแค่นี้จินตนาการอีกต่อไป แต่กำลังถูกสร้างขึ้นจริงในห้องทดลองแล้ว การเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อเข้าใจและอยู่ร่วมกับเทคโนโลยีอย่างมีวิจารณญาณคือ ภูมิคุ้มกันที่ดีที่สุดของเรา!

ท้ายหวังว่าข้อมูลที่น่าสนใจที่นำมาถ่ายทอดในฉบับนี้ จะเป็นประโยชน์และช่วยให้คุณเข้าใจถึงการเปลี่ยนแปลงครั้งสำคัญในวงการวิทยาศาสตร์ทางด้านการเกษตร หากมีประเด็นไหนที่สนใจเป็นพิเศษ หรืออยากให้ตายเจาะลึกในรายละเอียดเพิ่มเติม ก็สามารถเข้ามาพูดคุยกันกับตายได้ที่ Blockdit และสามารถอ่านเรื่องราวอื่นๆ ได้ผ่านทาง Blockdit เช่น เรื่องเกี่ยวกับภัยคุกคามใหม่ของไซเบอร์เนติก <https://www.blockdit.com/posts/692da899d17b6eb922e8af01> และเรื่องอื่นๆ แล้วพบกันใหม่จ้า 🌱



“เรื่องราวทางวิทยาศาสตร์มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ไม่เคยหยุดนิ่ง”



e-Book

แบบฝึกหัดส่งเสริมกระบวนการคิดคณิตศาสตร์ 3 ระดับ
(พื้นฐาน พัฒนา ก้าวหน้า) ชั้น ป.6 ภาคเรียนที่ 1

สอดคล้องตามหลักสูตร ฯ 60

เล่มแบบฝึกหัด

เล่ม 1 : บทที่ 1 ห.ร.ม. และ ค.ร.น.

เล่ม 3 : บทที่ 3 ทศนิยม

เล่ม 5 : บทที่ 5 แบบรูป

เล่ม 2 : บทที่ 2 เศษส่วน

เล่ม 4 : บทที่ 4 ร้อยละและอัตราส่วน



สั่งซื้อได้แล้วที่



www.chulabook.com

หมายเหตุ

มีเล่มเฉลย/ตัวอย่างคำตอบแต่ละบทจำหน่าย

หนังสือ และ ของ สสวท.



BOOK องค์การคำของ สสวท.

ติดต่อได้ตาม
ช่องทางด้านล่าง ▼



ร้านหนังสือ สสวท.
bookstore.ipst.ac.th



CU e-Bookstore



ร้านศึกษาภัณฑ์พาณิชย์
suksapananit.com



SE-ED



Bundanjai
by SE-ED



e-BOOK



NAIINPANN



meb



OOKBEE



The 1 book

