

STEM Education

: Approaches and Practices for STEM Learning



รวบรวมข้อมูลโดย :

- KKU STEM Education Center
- ศูนย์รวมผู้เชี่ยวชาญเพื่อการปฏิรูปการศึกษาไทย
(Hub of Talents for Thailand Education Reform: HTER)
- สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

STEM Education: Approaches and Practices for STEM Learning

จัดทำโดย	KKU STEM Education Center ศูนย์รวมผู้เชี่ยวชาญเพื่อการปฏิรูปการศึกษาไทย Hub of Talents for Thailand Education Reform สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.)
พิมพ์ครั้งแรก	กันยายน พ.ศ. 2569
จัดพิมพ์	จำนวน 150 เล่ม
ออกแบบ/ทำรูปเล่ม	มูลนิธิการศึกษาเพื่อการพัฒนาทักษะการคิด 777/10 ซอยบ้านกอก 40 หมู่ 12 ตำบลบ้านเป็ด อำเภอเมืองขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40000
พิมพ์ที่	ร้านปริญสีสุตสวยสาขา1 1/1 (ยูเซ็นเตอร์หลัง ม.ขอนแก่น) ม.27 ต.ศิลา อ.เมือง จ.ขอนแก่น

คำนำ

หนังสือ “TLSOA STEM Education: Approaches and Practices for STEM Learning” จัดทำขึ้นเพื่อเสนอแนวคิดและแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบ STEM ที่มุ่งพัฒนา วิธีคิด (Ways of Thinking) ของผู้เรียน ผ่านกระบวนการแก้ปัญหา การสร้างแนวคิด การให้เหตุผล การเชื่อมโยงความรู้ และการตระหนักรู้ต่อกระบวนการคิดของตนเอง โดยเชื่อมโยงกับองค์ความรู้ด้านคณิตศาสตร์ศึกษา การศึกษาชั้นเรียน (Lesson Study) วิธีการแบบเปิด (Open Approach) และกรอบ Transformative Lesson Study incorporating Open Approach (TLSOA)

เนื้อหาในเอกสารมุ่งสะท้อนการเปลี่ยนมุมมองจากการจัด STEM ในฐานะรายวิชา หรือกิจกรรม ไปสู่การพัฒนากระบวนการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นจริงในชั้นเรียน ตลอดจนการใช้ Open Class และชุมชนการเรียนรู้เชิงวิชาชีพเป็นกลไกในการศึกษาหลักฐานจากการเรียนรู้ของผู้เรียน เพื่อพัฒนาครู ชั้นเรียน และคุณภาพการศึกษาอย่างต่อเนื่องและยั่งยืน

หวังเป็นอย่างยิ่งว่าเอกสารฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อครู นักการศึกษา นักวิจัย และผู้ที่สนใจในการนำแนวคิด STEM Education ไปใช้เพื่อพัฒนาการเรียนรู้และทักษะการคิดของผู้เรียนให้สอดคล้องกับบริบทการศึกษาไทย

คณะทำงาน

KKU STEM Education Center

ศูนย์รวมผู้เชี่ยวชาญเพื่อการปฏิรูปการศึกษาไทย

สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

26 กันยายน 2569

สารบัญ

คำนำ

จุดเริ่มต้น: เหตุใดงานคณิตศาสตร์ศึกษาจึงเข้ามาอยู่ในกรอบ STEM	1
จากการมอง STEM เป็นรายวิชาหรือกิจกรรม สู่การมอง STEM เป็นวิธีคิด (Ways of Thinking)	2
จากการมีแนวคิด (Idea) สู่การตระหนักรู้ต่อแนวคิด	4
การให้เหตุผลในฐานะองค์ประกอบของวิธีคิดแบบ STEM	6
จากปรัชญาสู่หลักการ และจากแนวทางสู่การปฏิบัติ	7
พัฒนาการของ TLSOA: จากโจทย์ปัญหาปลายเปิดสู่ชุมชนการเรียนรู้หลายระดับ	8
TLSOA Open Class: การวิจัยชั้นเรียนสด (Lived Classroom)	12
กลไกของ TLSOA ที่สนับสนุน STEM Learning	17

TLSOA: STEM Education
แนวทางและการปฏิบัติเพื่อการเรียนรู้แบบสะเต็ม
*TLSOA STEM Education: Approaches and Practices for
STEM Learning*

รองศาสตราจารย์ ดร. ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์
รองหัวหน้าศูนย์รวมผู้เชี่ยวชาญเพื่อการปฏิรูปการศึกษาไทย
สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

1. จุดเริ่มต้น: เหตุใดงานคณิตศาสตร์ศึกษาจึงเข้ามาอยู่ในกรอบ STEM

บทความนี้มีเป้าหมายเพื่อนำเสนอการเชื่อมโยงการเรียนรู้แบบ STEM กับ การดำเนินงานด้านคณิตศาสตร์ศึกษาที่มุ่งศึกษาชั้นเรียน กระบวนการเรียนรู้ กระบวนการคิด ของผู้เรียน ตลอดจนการพัฒนาครูผ่าน Lesson Study และ Open Approach โดย ศาสตราจารย์พิเศษ ดร.ภาวิข ทองโรจน์ หัวหน้าศูนย์รวมผู้เชี่ยวชาญเพื่อการปฏิรูป การศึกษาไทย สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ ได้เสนอให้นำองค์ความรู้และประสบการณ์จาก การดำเนินงานดังกล่าวมาสื่อสารภายใต้กรอบ STEM Education เนื่องจากท่านพิจารณา ประเด็นการเรียนรู้ผ่านมุมมองด้านประสาทวิทยาศาสตร์ (Neuroscience) และ กระบวนการเรียนรู้เชิงการรู้คิด (Cognitive Learning Process) รวมทั้งตระหนักถึงความ จำเป็นที่ประเทศไทยจะต้องยกระดับการเรียนรู้ควบคู่กับการพัฒนาความสามารถในการคิด ของผู้เรียนอย่างจริงจัง

อย่างไรก็ตาม การนำงานด้านคณิตศาสตร์ศึกษามาอธิบายภายใต้กรอบ STEM มิได้ หมายถึงการเปลี่ยนชื่อหรือปรับภาพลักษณ์ของงานเดิมให้สอดคล้องกับกระแสทางการ ศึกษา หากแต่เป็นโอกาสสำคัญในการย้อนกลับมาพิจารณาว่า แก่นสำคัญของการเรียนรู้ที่ ได้รับการพัฒนามาอย่างต่อเนื่องในประเทศไทยคืออะไร เมื่อพิจารณาให้พ้นจากขอบเขต และชื่อเรียกของแต่ละสาขาวิชา จะพบว่าสิ่งที่เชื่อมโยงการดำเนินงานเหล่านี้เข้าด้วยกันคือ ความสนใจต่อกระบวนการเรียนรู้ (learning process) โดยเฉพาะกระบวนการเรียนรู้เชิง การรู้คิด (cognitive process) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการที่ผู้เรียนสร้างแนวคิด นำแนวคิดไปใช้ และตระหนักถึงแนวคิดและกระบวนการคิดของตนเอง

ความสนใจของศาสตราจารย์พิเศษ ดร.ภาวิช ทองโรจน์ มิได้จำกัดอยู่เฉพาะ STEM Education แต่ครอบคลุมถึงภาพรวมของระบบการศึกษา โดยเฉพาะการศึกษาขั้นพื้นฐาน ประเด็นสำคัญประการหนึ่งคือ สังคมมักจัดวางความสัมพันธ์ระหว่างการศึกษาขั้นพื้นฐานกับการอุดมศึกษาในลักษณะเส้นตรง กล่าวคือ ผู้เรียนศึกษาในโรงเรียนเพื่อเตรียมตัวสอบเข้ามหาวิทยาลัย ขณะที่มหาวิทยาลัยทำหน้าที่ผลิตกำลังคนเข้าสู่ตลาดแรงงาน การมองระบบการศึกษาในลักษณะดังกล่าวอาจทำให้การศึกษาขั้นพื้นฐานถูกลดทอนให้เป็นเพียงขั้นตอนเตรียมความพร้อมสำหรับการศึกษาในระดับที่สูงขึ้น โดยมีได้ตระหนักถึงคุณค่าในตัวเองของการศึกษาขั้นพื้นฐาน ทั้งในด้านการพัฒนาการคิด การสร้างศักยภาพความเป็นมนุษย์ และการวางรากฐานสำหรับการเรียนรู้ตลอดชีวิต กรอบการพิจารณาแนวใหม่คือการมองว่าการศึกษาขั้นพื้นฐานและการอุดมศึกษาต่างเป็นองค์ประกอบของระบบนิเวศการพัฒนาทุนมนุษย์ของประเทศ การศึกษาขั้นพื้นฐานจึงควรเชื่อมโยงกับการส่งเสริมสุขภาวะการเรียนรู้ตลอดชีวิต การประกอบอาชีพ การวิจัยและนวัตกรรม ตลอดจนการยกระดับคุณภาพชีวิต มิใช่มุ่งเชื่อมโยงกับการสอบเข้าศึกษาต่อในระดับมหาวิทยาลัยเพียงมิติเดียว ภายใต้กรอบคิดนี้ มนุษย์ควรได้รับการยอมรับว่าเป็นทุนสำคัญของการพัฒนาประเทศใน ความหมายที่ครอบคลุมทั้งศักยภาพทางปัญญา สังคม และความเป็นมนุษย์ มิใช่ถูกมองเพียงในฐานะกำลังแรงงานที่มีหน้าที่รับความรู้และนำไปปฏิบัติตามคำสั่ง

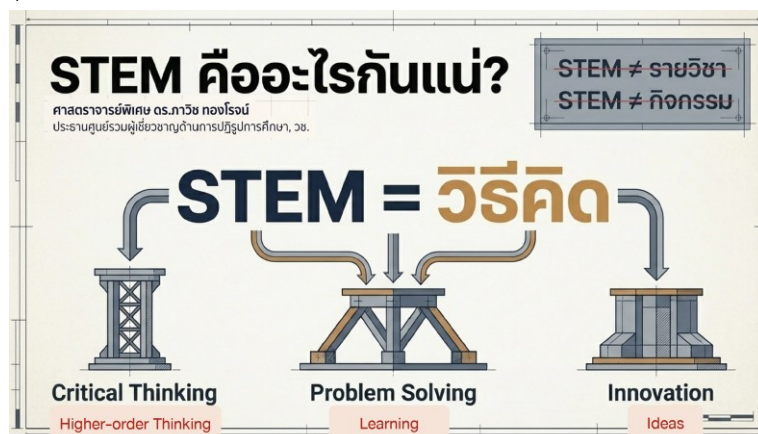
2. จากการมอง STEM เป็นรายวิชาหรือกิจกรรม สู่การมอง STEM เป็นวิถีคิด (Ways of Thinking)

ความเข้าใจเกี่ยวกับ STEM Education มักเริ่มต้นจากการแยกองค์ประกอบของคำว่า STEM ออกเป็น Science, Technology, Engineering และ Mathematics แล้วพยายามกำหนดพื้นที่ของศาสตร์แต่ละด้านไว้ในโครงสร้างหลักสูตรหรือตารางเรียน แม้ว่าคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์จะมีสถานะเป็นรายวิชาที่ชัดเจน แต่เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์กลับมิได้มีตำแหน่งที่แน่นอน โรงเรียนบางแห่งจึงนำเทคโนโลยีไปรวมไว้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้บางแห่งจัดเป็นรายวิชาคอมพิวเตอร์ ขณะที่บางแห่งพัฒนารายวิชา STEM ขึ้นเป็นรายวิชาเพิ่มเติม

การบูรณาการรายวิชาโดยเริ่มจากการนำชื่อของศาสตร์ทั้งสี่มารวมกันก็มีข้อจำกัดเช่นเดียวกัน หากการออกแบบการเรียนรู้มุ่งเพียงจำแนกแต่ละกิจกรรมประกอบด้วยวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ในสัดส่วนเท่าใด แผนการจัดการเรียนรู้อาจดูครอบคลุมองค์ประกอบของ STEM แต่ยังไม่สามารถยืนยันได้ว่าผู้เรียน

ได้พัฒนาการคิดในลักษณะใด การบูรณาการที่มีความหมายจึงไม่ควรพิจารณาจากจำนวน ชื่อรายวิชาที่ปรากฏอยู่ในกิจกรรม แต่ควรพิจารณาจากความจำเป็นที่ผู้เรียนต้องนำความรู้ วิธีคิด และเครื่องมือจากหลายศาสตร์มาเชื่อมโยงกัน เพื่อทำความเข้าใจและจัดการกับ ปัญหา ในทางปฏิบัติเมื่อไม่สามารถจัดพื้นที่ให้ STEM ในตารางเรียนปกติเพื่อให้ตอบโจทย์ ความจำเป็นของผู้เรียน โรงเรียนจำนวนหนึ่งจึงจัด STEM ในรูปของกิจกรรมนอกเวลาเรียน ชุมนุม สัปดาห์วิทยาศาสตร์ หรือโครงการสำหรับการประกวด กิจกรรมเหล่านี้อาจสร้าง ประสบการณ์ที่มีคุณค่าแก่ผู้เรียน แต่ประเด็นสำคัญอยู่ที่กิจกรรมดังกล่าวเชื่อมโยงกับ กระบวนการเรียนรู้ในชั้นเรียนตามปกติมากน้อยเพียงใด หาก STEM ถูกกำหนดให้เป็นเพียง กิจกรรมเพิ่มเติมจากการสอนปกติ ครูย่อมต้องรับภาระในการจัดหาอุปกรณ์ จัดสรรเวลา ผลิตชิ้นงาน และเตรียมผู้เรียนสำหรับการแข่งขัน ขณะที่การเรียนการสอนในห้องเรียนยังคง เน้นการถ่ายทอดเนื้อหาและการทำตามตัวอย่าง โรงเรียนอาจมีศูนย์ STEM มีผลงานหรือ ชิ้นงานจำนวนมาก และมีหลักฐานการดำเนินกิจกรรมที่ชัดเจน แต่กระบวนการเรียนรู้หลัก ของผู้เรียนอาจยังมิได้เปลี่ยนแปลง

ดังนั้น STEM Education จึงไม่ควรถูกจำกัดความให้เป็นชื่อรายวิชาหรือชื่อ กิจกรรม หากควรได้รับการพิจารณาในฐานะกรอบสำหรับพัฒนา “วิธีคิด” (Ways of Thinking) ของผู้เรียน (ดังภาพที่ 1) การมอง STEM ในลักษณะนี้ทำให้คณิตศาสตร์ศึกษา และศาสตร์อื่นสามารถเชื่อมโยงกันผ่านกระบวนการทำความเข้าใจปัญหา การสร้างแนวคิด การใช้เหตุผล และการตรวจสอบความเป็นไปได้ของแนวทางแก้ปัญหา โดยไม่จำเป็นต้อง กำหนดให้ทุกบทเรียนแสดงองค์ประกอบของ S, T, E และ M อย่างครบถ้วนในเชิงรูปแบบ



ภาพที่ 1 แสดงแนวคิด STEM ในฐานะวิธีคิด

เมื่อกำหนดให้ STEM เป็นวิธีคิด คำถามสำคัญคือ วิธีคิดดังกล่าวสามารถพัฒนาได้อย่างไร แนวคิดเรื่องการเรียนรู้ผ่านการแก้ปัญหา (learning through problem solving) ในคณิตศาสตร์ศึกษาเป็นฐานสำคัญสำหรับอธิบายประเด็นนี้ ภายใต้แนวคิดดังกล่าว ผู้เรียนมิได้เรียนรู้เนื้อหาให้เสร็จสิ้นก่อนแล้วจึงนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา หากแต่เรียนรู้ทั้งเนื้อหา วิธีคิด และความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดผ่านการเข้าไปมีส่วนร่วมในกระบวนการแก้ปัญหา การแก้ปัญหามีความหมายนี้แตกต่างจากการทำแบบฝึกหัดที่ผู้เรียนทราบขั้นตอนหรือวิธีดำเนินการอยู่แล้ว สถานการณ์ปัญหาควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนทำความเข้าใจเงื่อนไขของปัญหา พิจารณาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง คาดการณ์แนวทางที่เป็นไปได้ เลือกและดำเนินการตามวิธีของตน ตรวจสอบผลที่เกิดขึ้น ตลอดจนปรับเปลี่ยนแนวทางเมื่อพบข้อจำกัด กระบวนการดังกล่าวทำให้ความรู้ได้มีสถานะเป็นเพียงข้อมูลที่ต้องจดจำ แต่กลายเป็นทรัพยากรสำหรับการคิด การตัดสินใจ และการสร้างความหมาย

ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Pólya (1945) ที่ประกอบด้วยทำความเข้าใจปัญหา การวางแผน การดำเนินการตามแผน และการมองย้อนกลับ (looking back) ที่ยังคงมีความสำคัญ อย่างไรก็ตาม ขั้นตอนที่มักหายไปจากชั้นเรียนคือการมองย้อนกลับ เมื่อผู้เรียนได้คำตอบ การเรียนรู้มักสิ้นสุดลงโดยมิได้เปิดโอกาสให้พิจารณาว่า วิธีที่ใช้เกิดขึ้นได้อย่างไร เหตุใดวิธีดังกล่าวจึงใช้ได้ มีข้อจำกัดอย่างไร และมีแนวทางอื่นที่ทำให้เข้าใจปัญหาแตกต่างออกไปหรือไม่ Schoenfeld (1992) อธิบายการเรียนรู้ที่จะคิดทางคณิตศาสตร์ผ่านองค์ประกอบสำคัญ ได้แก่ การแก้ปัญหา (problem solving) การตระหนักรู้และกำกับความคิดของตนเอง (metacognition) และการสร้างความหมาย (sense making) องค์ประกอบทั้งสามมีความสัมพันธ์โดยตรงกับ STEM ในฐานะวิธีคิด กล่าวคือ ผู้เรียนต้องสามารถเผชิญและจัดการกับปัญหา ตระหนักถึงแนวคิดและการตัดสินใจของตน และสร้างความหมายจากความรู้หรือผลที่เกิดขึ้น มิใช่เพียงปฏิบัติตามขั้นตอนเพื่อให้ได้คำตอบหรือชิ้นงานที่ถูกต้อง

3. จากกรณีแนวคิด (Idea) สู่การตระหนักรู้ต่อแนวคิด

ในระหว่างการเรียนรู้ ผู้เรียนย่อมสร้างแนวคิดบางอย่างขึ้น แม้แนวคิดนั้นอาจยังไม่สมบูรณ์หรือยังไม่สามารถนำไปสู่คำตอบที่ถูกต้องได้ การจัดการเรียนรู้ที่มุ่งพัฒนาวิธีคิดจึงไม่ควรพิจารณาเฉพาะว่าแนวคิดของผู้เรียนนำไปสู่คำตอบได้หรือไม่ แต่ควรให้ความสำคัญกับการที่ผู้เรียนสามารถมองเห็น อธิบาย และตรวจสอบแนวคิดของตนเองได้เพียงใด รวมถึงสามารถระบุเหตุผลในการเลือกใช้วิธีและนำแนวคิดดังกล่าวไปใช้กับปัญหาใหม่ได้หรือไม่

การตระหนักรู้ต่อแนวคิดเป็นจุดเปลี่ยนสำคัญของการเรียนรู้ เมื่อผู้เรียนดำเนินการ โดยยังไม่ตระหนักถึงแนวคิด วิธีคิดนั้นมักผูกติดอยู่กับสถานการณ์เฉพาะ แต่เมื่อผู้เรียนได้ มองย้อนกลับ เห็นความสัมพันธ์ระหว่างวิธีคิดในการแก้ปัญหา กับสิ่งที่เกิดขึ้น และสามารถ อธิบายแนวคิดด้วยภาษาหรือตัวแทนความคิดของตนเอง แนวคิดดังกล่าวย่อมมีโอกาส พัฒนาเป็นเครื่องมือทางปัญญาที่สามารถนำไปปรับใช้กับสถานการณ์อื่นได้ กระบวนการนี้ สะท้อนการคิดในระดับอภิปัญญาหรือในทางคณิตศาสตร์ศึกษาที่ใช้คำว่า “ความตระหนัก ในการคิด” (metacognitive thinking) ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของการเรียนรู้ผ่านการ แก้ปัญหา

ในทำนองเดียวกัน การคิดเชิงวิพากษ์ (critical thinking) ไม่ควรถูกตีความเพียงว่า เป็นการวิจารณ์หรือตัดสินว่าแนวคิดของผู้อื่นถูกหรือผิด เพราะการตีความเช่นนั้นอาจทำให้ ผู้เรียนเร่งตัดสินคำตอบของเพื่อน ขณะที่ครูกลับไปทำหน้าที่ตรวจสอบความถูกต้องเพียง ด้านเดียว การคิดเชิงวิพากษ์ในกระบวนการเรียนรู้ควรทำหน้าที่เปิดเผยสมมติฐาน ตรวจสอบเหตุผล พิจารณาเงื่อนไขและข้อจำกัด ตลอดจนขยายขอบเขตของแนวคิดให้กว้าง ขึ้น

แนวคิดเรื่อง A และ non-A สามารถใช้อธิบายบทบาทของการคิดเชิงวิพากษ์ในชั้น เรียนได้ เมื่อมีผู้เสนอแนวคิด A การคิดเชิงวิพากษ์มิได้หมายถึงการตัดสินทันทีว่า A ถูกหรือ ผิด หากหมายถึงการสร้างหรือพิจารณา non-A ซึ่งเป็นแนวคิด กรณิ หรือความเป็นไปได้ที่ แตกต่างออกไป การพิจารณา non-A มิได้ลบล้าง A โดยอัตโนมัติ แต่ช่วยให้มองเห็นเงื่อนไข ขอบเขต ข้อยกเว้น และความเป็นไปได้อื่นของแนวคิด A ได้ชัดเจนขึ้น ในเชิงอุปมา แนวคิด A และส่วนเติมเต็มของ A ช่วยให้เห็นขอบเขตทั้งหมดของเอกภพสัมพัทธ์ หลักการ เดียวกันสามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้ เมื่อผู้เรียนคนหนึ่งเสนอวิธีแก้ปัญหา ครูไม่ จำเป็นต้องเริ่มต้นด้วยการถามว่าวิธีนั้น “ถูกหรือผิด” แต่อาจตั้งคำถามว่า “มีวิธีคิดที่ แตกต่างออกไปหรือไม่” วิธีดังกล่าวใช้ได้ภายใต้เงื่อนไขใด มีกรณีที่วิธีนี้ใช้ไม่ได้หรือไม่ และ หากเปลี่ยนเงื่อนไขของปัญหา แนวคิดเดิมจะยังคงใช้ได้หรือไม่ คำถามลักษณะนี้ทำให้ แนวคิดของผู้เรียนแต่ละคนกลายเป็นฐานสำหรับการคิดร่วมกันของทั้งชั้นเรียน

การพิจารณา A และ non-A ยังช่วยให้เกิดความระมัดระวังต่อคำหรือแนวคิดที่ใช้ จนคุ้นเคย เช่น “มาตรฐาน” “คุณภาพ” “กิจกรรม” หรือ “ครูในฐานะผู้สนับสนุนการ เรียนรู้” หากไม่สามารถอธิบายได้ว่าคำเหล่านี้หมายถึงอะไรเมื่อปรากฏในการปฏิบัติ ย่อม

ยากที่จะตั้งคำถามต่อสมมติฐานเดิมหรือพิจารณาทางเลือกอื่น การคิดเชิงวิพากษ์จึงเริ่มต้นจากการตระหนักว่ากำลังใช้แนวคิดใด แนวคิดนั้นตั้งอยู่บนสมมติฐานอะไร และยังมีกรอบการมองหรือความเป็นไปได้อื่นหรือไม่

4. การให้เหตุผลในฐานะองค์ประกอบของวิธีคิดแบบ STEM

การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ระดับต้นสามารถใช้เป็นตัวอย่างของการพัฒนาวิธีคิดแบบ STEM ได้ จากข้อความว่า $(2 \times 3 = 6)$ และ $(3 \times 2 = 6)$ อาจสรุปได้ว่า $(2 \times 3 = 3 \times 2)$ โดยทั่วไป ข้อสรุปดังกล่าวมักได้รับการอธิบายเพียงว่าทั้งสองนิพจน์มีผลลัพธ์เท่ากับ 6 อย่างไรก็ตาม หากมุ่งพัฒนาการให้เหตุผลเชิงตรรกะ จำเป็นต้องพิจารณาว่า ข้อความทั้งสองเชื่อมโยงไปสู่ข้อสรุปได้ด้วยหลักการใด

เมื่อแสดงโครงสร้างของเหตุผลอย่างชัดเจน อาจเริ่มต้นอธิบายจาก $(2 \times 3 = 6)$ และ $(3 \times 2 = 6)$ จากสมบัติสมมาตรของความเท่ากัน ข้อความที่สองสามารถเขียนใหม่เป็น $(6 = 3 \times 2)$ จากนั้นจึงใช้สมบัติถ่ายทอดของความเท่ากันเชื่อมโยง $(2 \times 3 = 6)$ กับ $(6 = 3 \times 2)$ และนำไปสู่ข้อสรุปว่า $(2 \times 3 = 3 \times 2)$ แม้การอธิบายเช่นนี้จะยาวกว่าการให้คำตอบโดยตรง แต่ช่วยให้ผู้เรียนมองเห็นโครงสร้างและความสัมพันธ์ของเหตุผลที่รองรับข้อสรุป จุดมุ่งหมายมิใช่การกำหนดให้ผู้เรียนต้องเขียนรายละเอียดของเหตุผลในลักษณะดังกล่าวทุกครั้ง หากแต่ครูและผู้เรียนควรสามารถระบุได้ว่า เหตุผลสำคัญอยู่ ณ จุดใด และข้อสรุปเกิดจากความสัมพันธ์ใด การนำผลลัพธ์สองประการมาเปรียบเทียบแล้วสรุปโดยไม่พิจารณาความสัมพันธ์ที่รองรับ อาจนำไปสู่การใช้เหตุผลที่ไม่สมเหตุสมผลในสถานการณ์อื่น การคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผลจึงมิได้หมายถึงเพียงการมี “เหตุ” และ “ผล” แต่รวมถึงความสามารถในการอธิบายความสัมพันธ์ที่ทำให้เหตุนั้นรองรับผลได้

ตัวอย่างนี้สะท้อนว่า STEM ในฐานะวิธีคิดมิได้ขึ้นอยู่กับความซับซ้อนของเนื้อหาหรือการใช้เทคโนโลยีขั้นสูง แต่ปรากฏได้ตั้งแต่การเรียนรู้คณิตศาสตร์ระดับพื้นฐาน เมื่อผู้เรียนได้รับโอกาสให้เผชิญปัญหา สร้างแนวคิด อธิบายเหตุผล เปรียบเทียบทางเลือก ตรวจสอบเงื่อนไข และตระหนักถึงกระบวนการคิดของตนเอง การเรียนรู้ผ่านการแก้ปัญหาจึงเป็นกลไกสำคัญที่ทำให้ STEM เปลี่ยนจากการเป็นเพียงชื่อของกลุ่มศาสตร์หรือกิจกรรมไปสู่กระบวนการพัฒนาวิธีคิดที่ผู้เรียนสามารถนำไปใช้กับปัญหาและบริบทใหม่ได้

5. จากปรัชญาสู่หลักการ และจากแนวทางสู่การปฏิบัติ

การทำความเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดทางการศึกษากับการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนสามารถพิจารณาผ่านองค์ประกอบสี่ระดับ ได้แก่ ปรัชญา (philosophy) หลักการหรือทฤษฎี (principle or theory) แนวทาง (approach) และการปฏิบัติ (practice) องค์ประกอบทั้งสี่มีความสัมพันธ์ต่อกัน (ดังภาพที่ 2) โดยปรัชญาทำหน้าที่กำหนดความเชื่อพื้นฐานเกี่ยวกับความรู้และการเรียนรู้ หลักการหรือทฤษฎีทำหน้าที่อธิบายทิศทางของการจัดการศึกษา แนวทางทำหน้าที่แปลงหลักการให้เป็นกรอบสำหรับการตัดสินใจ และการปฏิบัติเป็นการทำให้กรอบดังกล่าวปรากฏขึ้นจริงในชั้นเรียน

หากมีปรัชญาการเรียนรู้บนฐานของแนวคิดการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (constructivism) ย่อมตั้งอยู่บนความเชื่อว่า ผู้เรียนมิได้รับความรู้จากการถ่ายทอดโดยตรงเพียงอย่างเดียว แต่สร้างความรู้และความหมายผ่านประสบการณ์ การเผชิญปัญหา การใช้แนวคิดเดิม และการมีปฏิสัมพันธ์กับบุคคลและสิ่งแวดล้อม จากฐานปรัชญาดังกล่าวจึงนำไปสู่หลักการที่ว่า ผู้เรียนควรได้ “เรียนรู้ที่จะคิดด้วยตนเองและเพื่อตนเอง” (learn to think by and for themselves) กล่าวคือ ผู้เรียนไม่เพียงสามารถคิดได้ด้วยตนเอง แต่ยังตระหนักถึงคุณค่าและความหมายของการคิดที่มีต่อการเรียนรู้ของตน



ภาพที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ของวิธีคิดแบบ STEM บนรากฐานของปรัชญา

หลักการ แนวทาง และการปฏิบัติ

อย่างไรก็ตาม การมีปรัชญาและหลักการที่ชัดเจนยังมิได้ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในการปฏิบัติโดยอัตโนมัติ ข้อความเชิงหลักการ เช่น ครูไม่ควรทำหน้าที่ถ่ายทอดความรู้เพียงฝ่ายเดียว หรือครูควรเป็นผู้สนับสนุนการเรียนรู้ ยังไม่เพียงพอที่จะอธิบายว่าครูควร

ดำเนินการอย่างไรในสถานการณ์จริง ตัวอย่างเช่น เมื่อผู้เรียนเสนอแนวคิดที่แตกต่างกัน ครูควรเลือกและเชื่อมโยงแนวคิดเหล่านั้นอย่างไร เมื่อผู้เรียนยังไม่สามารถเริ่มต้นแก้ปัญหาได้ ครูควรตั้งคำถามในลักษณะใด หรือเมื่อคำตอบของผู้เรียนคลาดเคลื่อน ครูจะใช้ความคลาดเคลื่อนนั้นเป็นทรัพยากรสำหรับการเรียนรู้ได้อย่างไร หากไม่สามารถอธิบายการตัดสินใจในสถานการณ์เหล่านี้ได้ แนวคิดดังกล่าวย่อมยังคงอยู่ในระดับของหลักการมากกว่าการปฏิบัติ แนวทางการจัดการเรียนรู้จึงมีความสำคัญในฐานะกลไกเชื่อมโยงหลักการไปสู่การปฏิบัติ แนวทางที่มีความชัดเจนควรช่วยให้ครูสามารถตัดสินใจได้ตั้งแต่การออกแบบสถานการณ์ปัญหา การคาดการณ์แนวคิดของผู้เรียน การสังเกตและตีความแนวคิดระหว่างที่ผู้เรียนแก้ปัญหา การเลือกแนวคิดสำหรับนำเสนอ การจัดลำดับการอภิปราย ตลอดจนการสรุปบทเรียนโดยเชื่อมโยงแนวคิดของผู้เรียนให้สัมพันธ์กับสาระสำคัญทางคณิตศาสตร์ ดังนั้น แนวทางจึงมิใช่เพียงชุดขั้นตอนที่ครูต้องปฏิบัติตาม แต่เป็นกรอบที่ช่วยให้ครูแปลงความเชื่อเกี่ยวกับการเรียนรู้ให้เป็นการตัดสินใจเชิงวิชาชีพที่สอดคล้องกับสถานการณ์ในชั้นเรียน

ประเด็นดังกล่าวสัมพันธ์โดยตรงกับ STEM Education หากพิจารณา STEM ในฐานะการพัฒนาวิธีคิด คำถามสำคัญย่อมมีได้อยู่เพียงว่า บทเรียนหนึ่งมีองค์ประกอบของ S, T, E และ M ครบถ้วนหรือไม่ แต่อยู่ที่ว่าการจัดการเรียนรู้นั้นทำให้ผู้เรียนสามารถเผชิญปัญหา สร้างแนวคิด ใช้เหตุผล เชื่อมโยงความรู้ และตระหนักรู้ต่อกระบวนการคิดของตนได้เพียงใด

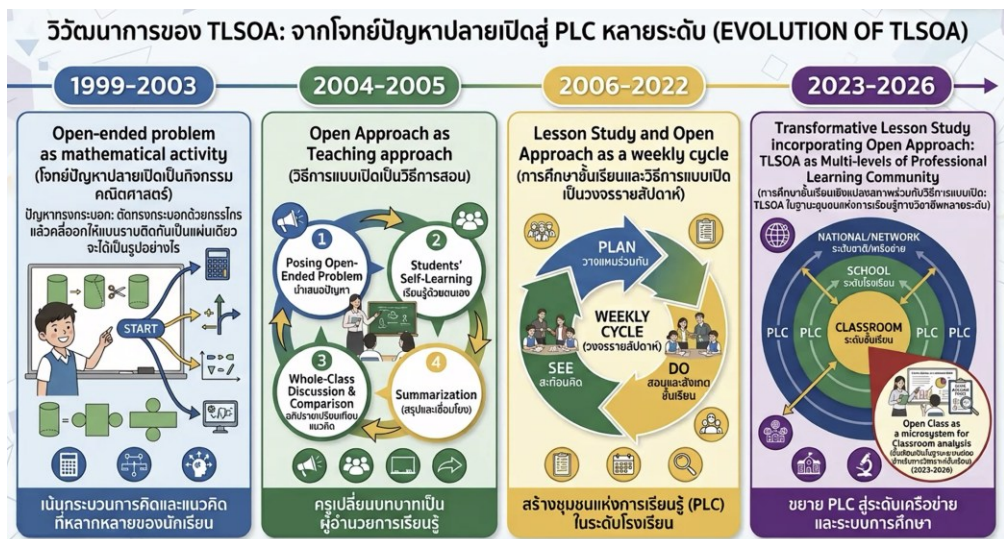
TLSOA จึงมีความสำคัญในฐานะกรอบที่เชื่อมปรัชญาและหลักการของการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเองเข้ากับแนวทางและการปฏิบัติที่ทำให้ STEM Learning เกิดขึ้นในชั้นเรียน มิใช่ในฐานะสูตรสำเร็จ หากเป็นระบบสนับสนุนให้ครูร่วมกันออกแบบ ศึกษา และปรับปรุงกระบวนการเรียนรู้ผ่านหลักฐานที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดของผู้เรียน

6. พัฒนาการของ TLSOA: จากโจทย์ปัญหาปลายเปิดสู่ชุมชนการเรียนรู้หลายระดับ

Transformative Lesson Study incorporating Open Approach (TLSOA) เป็นกรอบที่พัฒนาขึ้นจากการทำงานด้านคณิตศาสตร์ศึกษาในประเทศไทยอย่างต่อเนื่องมากกว่าสองทศวรรษ พัฒนาการดังกล่าวมิใช่เพียงการเพิ่มองค์ประกอบหรือกิจกรรมใหม่เข้าไปในชั้นเรียน แต่เป็นการเปลี่ยนแปลงสถานะและหน้าที่ของ Open-ended Problem (ปัญหาปลายเปิด), Open Approach (วิธีการแบบเปิด), Lesson Study (การศึกษาชั้นเรียน), Open Class (การเปิดชั้นเรียน) และ TLSOA (การศึกษาชั้นเรียนด้วยวิธีการแบบ

เปิด) จากเครื่องมือสำหรับจัดกิจกรรมทางคณิตศาสตร์ ไปสู่ระบบสนับสนุนการเรียนรู้ทางวิชาชีพและการวิเคราะห์คุณภาพของชั้นเรียนในหลายระดับ (ดังภาพที่ 3)

การอธิบายพัฒนาการของ TLSOA จำเป็นต้องให้ความสำคัญกับการใช้คำศัพท์ให้สอดคล้องกับบริบททางประวัติศาสตร์และระดับของการดำเนินงาน โดย Open-ended Problem, Open Approach, Lesson Study, Open Class และ TLSOA มิได้มีความหมายเดียวกันและไม่ควรใช้แทนกันโดยปราศจากการจำแนก แต่ละแนวคิดมีสถานะหน้าที่ และหน่วยของการพัฒนาที่แตกต่างกัน การทำความเข้าใจความแตกต่างดังกล่าวช่วยให้สามารถระบุนกรอบแนวคิด ขอบเขตการปฏิบัติ และจุดเน้นของการวิจัยได้อย่างถูกต้องมากขึ้น



ภาพที่ 3 แสดงวิวัฒนาการของ TLSOA

พัฒนาการของ TLSOA สามารถสังเคราะห์ได้เป็นสี่ระยะสำคัญ ระยะแรก ระหว่าง ค.ศ. 1999-2003 เริ่มต้นจากความพยายามเปลี่ยนแปลงกิจกรรมทางคณิตศาสตร์ในชั้นเรียน ซึ่งในขณะนั้นมักอยู่ในรูปของการให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดทั้งในและนอกห้องเรียน โจทย์ปัญหาปลายเปิดซึ่งได้รับการพัฒนามาจากแนวคิด Open-Ended Approach (Becker & Shimada, 1997) จึงถูกนำมาใช้เพื่อแทนที่กิจกรรมที่มุ่งให้ผู้เรียนดำเนินการตามแบบหรือขั้นตอนที่กำหนดไว้ล่วงหน้า เป้าหมายสำคัญคือการสร้างเงื่อนไขให้ผู้เรียนแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่หลากหลายในการแก้ปัญหา

ในระยะเริ่มต้น โจทย์ปัญหาปลายเปิดยังมีสถานะเป็นกิจกรรมทางคณิตศาสตร์ (open-ended problem as mathematical activity) และถูกนำมาใช้เพียงบางคาบหรือบางช่วงของการจัดการเรียนรู้ ต่อมา นักศึกษาฝึกปฏิบัติการสอนบางส่วนเริ่มนำโจทย์ปัญหาปลายเปิดไปใช้อย่างต่อเนื่องมากขึ้น ขณะที่การวิจัยในช่วงแรกยังมีทั้งการเก็บข้อมูลนอกชั้นเรียน การศึกษาผู้เรียนเฉพาะกลุ่ม และการนำโจทย์ปัญหาปลายเปิดเข้าไปใช้เป็นกิจกรรมบางส่วนของบทเรียน หน่วยของการเปลี่ยนแปลงในระยะนี้จึงยังคงอยู่ที่ “กิจกรรมทางคณิตศาสตร์” มากกว่าการเปลี่ยนแปลงระบบการสอนทั้งชั้นเรียน อย่างไรก็ตาม การใช้โจทย์ปัญหาปลายเปิดทำให้จุดเน้นของการจัดการเรียนรู้เริ่มเปลี่ยนจากการพิจารณาเฉพาะคำตอบ ไปสู่การศึกษากระบวนการคิด วิธีแก้ปัญหา และแนวคิดที่แตกต่างกันของผู้เรียน โจทย์ปัญหาปลายเปิดจึงมิได้มีคุณค่าเพียงเพราะมีคำตอบหรือวิธีแก้ปัญหาได้หลายแบบ แต่มีความสำคัญในฐานะเงื่อนไขเริ่มต้นที่ทำให้แนวคิดของผู้เรียนปรากฏออกมาให้สังเกตเปรียบเทียบ เชื่อมโยง และพัฒนาต่อไป

ระยะที่สอง ระหว่าง ค.ศ. 2004–2005 เป็นการขยายเป้าหมายจากการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมทางคณิตศาสตร์ไปสู่การเปลี่ยนแปลงการสอนในชั้นเรียนจริง โจทย์ปัญหาปลายเปิดจึงได้รับการพัฒนาและปรับใช้เป็น Open Approach ในฐานะแนวทางการสอน (teaching approach) เพื่อเข้าไปแทนที่รูปแบบการสอนเดิมที่เน้นการอธิบายเนื้อหา การสาธิตวิธีทำ และการให้ผู้เรียนปฏิบัติตามตัวอย่าง การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวมิได้เป็นการสร้างแนวทางขึ้นใหม่ทั้งหมด แต่เป็นการปรับแนวคิดและหลักการที่เกี่ยวข้องให้เหมาะสมกับบริบทของชั้นเรียนและการพัฒนาครูในประเทศไทย

Open Approach หรือวิธีการแบบเปิด ประกอบด้วยสี่ขั้นตอน ได้แก่ การนำเสนอสถานการณ์ปัญหาปลายเปิด การเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน การอภิปรายและเปรียบเทียบแนวคิดร่วมกันทั้งชั้นเรียน และการสรุปบทเรียนโดยเชื่อมโยงแนวคิดของผู้เรียน อย่างไรก็ตาม คำว่า “สี่ขั้น” เป็นคำเรียกที่ช่วยให้สามารถสื่อสารแนวทางการปฏิบัติได้ ส่วนความหมายของแต่ละขั้นอาจได้รับการพิจารณาในฐานะขั้นตอน ระยะ หรือช่วงของการพัฒนาการ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระดับความเข้าใจและวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้

สำหรับผู้เริ่มต้น สี่ขั้นอาจทำหน้าที่เป็นโครงสร้างพื้นฐานสำหรับการจัดชั้นเรียน แต่เมื่อครูมีความเข้าใจและประสบการณ์มากขึ้น ย่อมต้องสามารถมองเห็นความสัมพันธ์และพัฒนาการของแนวคิดที่เคลื่อนผ่านแต่ละขั้น การจัดการเรียนรู้จึงไม่ควรถูกลดรูปเป็นการดำเนินกิจกรรมตามลำดับ 1–4 ให้ครบถ้วนเท่านั้น เพราะการปฏิบัติตามขั้นตอนโดย

ปราศจากความเข้าใจต่อแนวคิดของผู้เรียนยังไม่สามารถนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้ได้อย่างแท้จริง การพัฒนาวิธีการแบบเปิดในระยะนี้ทำให้บทบาทของครูเปลี่ยนจากการเป็นผู้ถ่ายทอดและอธิบายเนื้อหาไปสู่การเป็นผู้ออกแบบและศึกษาการเรียนรู้ของผู้เรียน ครูต้องสามารถออกแบบสถานการณ์ปัญหา คาดการณ์แนวคิดที่อาจเกิดขึ้น สังเกตและตีความความคิด ตลอดจนเลือก จัดลำดับ และเชื่อมโยงแนวคิดของผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้ร่วมกันทั้งชั้นเรียน การเปลี่ยนแปลงบทบาทดังกล่าวมีความซับซ้อนและไม่สามารถเกิดขึ้นได้จากการบอกให้ครูปฏิบัติตามสี่ขั้นเพียงอย่างเดียว

ระยะที่สาม ตั้งแต่ ค.ศ. 2006–2022 เกิดขึ้นจากการตระหนักว่า การพัฒนาคุณภาพของการปฏิบัติในแต่ละขั้นของวิธีการแบบเปิด จำเป็นต้องอาศัยวงจรการทำงานร่วมกันอย่างต่อเนื่อง Lesson Study หรือการศึกษาชั้นเรียนจึงถูกบูรณาการเข้ากับวิธีการแบบเปิด (Open Approach) และพัฒนาเป็นวงจรรายสัปดาห์ ประกอบด้วยการทำงานวางแผนบทเรียน (Co-Plan) การนำบทเรียนไปใช้และร่วมกันสังเกตชั้นเรียน (Co-Do) และการร่วมกันสะท้อนผลจากหลักฐานที่เกิดขึ้นจริง (Co-See)

ความหมายของวงจรรายสัปดาห์มิได้อยู่เพียงการกำหนดให้ครูพบกันสัปดาห์ละครั้ง แต่หมายถึงการสร้างเงื่อนไขที่จำเป็นให้ครูสามารถร่วมกันศึกษาการปฏิบัติอย่างเป็นระบบ การวางแผนต้องครอบคลุมการศึกษาเนื้อหา การออกแบบสถานการณ์ปัญหา การคาดการณ์แนวคิดของผู้เรียน และการเตรียมแนวทางสังเกตชั้นเรียน การนำบทเรียนไปใช้ต้องเปิดให้สมาชิกในทีมติดตามหลักฐานการเรียนรู้ของผู้เรียน ส่วนการสะท้อนผลต้องอาศัยข้อมูลจากชั้นเรียนเพื่อพิจารณาว่า สิ่งที่ออกแบบไว้ทำให้แนวคิดใดเกิดขึ้น และควรปรับปรุงการสอนอย่างไร การบูรณาการระหว่าง Lesson Study กับ Open Approach ในลักษณะวงจรทำให้ Open Approach มีได้ขึ้นอยู่ความสามารถของครูรายบุคคล แต่ได้รับการสนับสนุนด้วยการทำงานร่วมกันของทีมวิชาชีพ ขณะเดียวกัน Open Approach ทำให้ Lesson Study มีจุดเน้นที่ชัดเจนในการศึกษาแนวคิดและการเรียนรู้ของผู้เรียน ความสัมพันธ์ของทั้งสององค์ประกอบจึงทำหน้าที่เสมือนกลไกที่ขับเคลื่อนซึ่งกันและกัน และสร้างความต่อเนื่องในการปรับปรุงการสอน

การดำเนินวงจรรายสัปดาห์ (weekly cycle) อย่างต่อเนื่องเป็นรากฐานสำคัญของการสร้างชุมชนการเรียนรู้เชิงวิชาชีพในระดับโรงเรียน เพราะชุมชนการเรียนรู้มิได้เกิดจากการประกาศนโยบายหรือการจัดประชุมเป็นครั้งคราว หากเกิดจากการที่ครูมีพื้นที่ เวลา เป้าหมาย และหลักฐานสำหรับการเรียนรู้ร่วมกัน ในระยะนี้การเปิดชั้นเรียน (Open Class)

จึงเริ่มมีบทบาทควบคู่กับวงจรรายสัปดาห์ โดยเป็นพื้นที่ที่ครูและผู้ร่วมวิชาชีพสามารถศึกษาชั้นเรียนจริง แลกเปลี่ยนมุมมอง และเรียนรู้จากการปฏิบัติร่วมกัน

ระยะที่สี่ ตั้งแต่ ค.ศ. 2023 ถึงปัจจุบัน (ค.ศ. 2026) เป็นการพัฒนาไปสู่ Transformative Lesson Study incorporating Open Approach หรือ TLSOA ในฐานะกรอบชุมชนแห่งการเรียนรู้เชิงวิชาชีพหลายระดับ (multi-level professional learning community) ประกอบด้วยระดับชั้นเรียน ระดับโรงเรียน และระดับเครือข่ายหรือระดับชาติ การจำแนกเป็นหลายระดับมิได้หมายถึงเพียงการขยายกิจกรรมเดียวกันให้มีผู้เข้าร่วมมากขึ้น แต่ตั้งอยู่บนหลักการว่า องค์ประกอบ บทบาท และความสัมพันธ์ระหว่าง Lesson Study กับ Open Approach ในแต่ละระดับมีลักษณะแตกต่างกัน ส่งผลให้เป้าหมาย รูปแบบ และผลของการเรียนรู้เชิงวิชาชีพในแต่ละระดับแตกต่างกันด้วย

ระดับชั้นเรียนเป็นพื้นที่ที่แนวคิดของผู้เรียนและการตัดสินใจของครูปรากฏขึ้นในการปฏิบัติ ระดับโรงเรียนทำหน้าที่สนับสนุนวงจรรายสัปดาห์ การทำงานร่วมกันของทีม และการสร้างวัฒนธรรมการเรียนรู้เชิงวิชาชีพ ส่วนระดับเครือข่ายหรือระดับชาติเปิดโอกาสให้มีการแลกเปลี่ยนหลักฐาน แนวคิด และบทเรียนระหว่างโรงเรียนและผู้เกี่ยวข้องในวงกว้าง อย่างไรก็ตาม การเรียนรู้ในระดับที่สูงขึ้นยังคงต้องเชื่อมโยงกลับมายังหลักฐานจากชั้นเรียน มิฉะนั้น ชุมชนการเรียนรู้เชิงวิชาชีพอาจเหลือเพียงการประชุมหรือกิจกรรมที่แยกออกจากการเรียนรู้ของผู้เรียน

พัฒนาการทั้งสี่ระยะจึงแสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงทั้งในด้านหน่วยการพัฒนาและสถานะขององค์ประกอบต่าง ๆ กล่าวคือ เริ่มจากโจทย์ปัญหาปลายเปิดในฐานะกิจกรรมทางคณิตศาสตร์ พัฒนาไปสู่ Open Approach ในฐานะแนวทางการสอน บูรณาการกับ Lesson Study ในฐานะวงจรการปรับปรุงการปฏิบัติรายสัปดาห์ และขยายเป็น TLSOA ในฐานะระบบสนับสนุนชุมชนการเรียนรู้เชิงวิชาชีพหลายระดับ พัฒนาการดังกล่าวมิใช่การเปลี่ยนชื่อสิ่งเดิม แต่เป็นการเปลี่ยนแปลงหน้าที่ ความสัมพันธ์ และขอบเขตของการดำเนินงานอย่างมีนัยสำคัญ

7. TLSOA Open Class: การวิจัยชั้นเรียนสด (Lived Classroom)

ภายใต้กรอบ Transformative Lesson Study incorporating Open Approach (TLSOA) คำว่า “Open Class” หมายถึงชั้นเรียนที่เปิดให้ผู้ร่วมวิชาชีพศึกษาการสอน การเรียนรู้ และการคิดของผู้เรียนร่วมกันอย่างเป็นระบบ มิได้หมายถึงเพียงชั้นเรียนที่จัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด หรือกิจกรรมเปิดห้องเรียนให้บุคคลภายนอกเข้าชมเป็นครั้งคราว

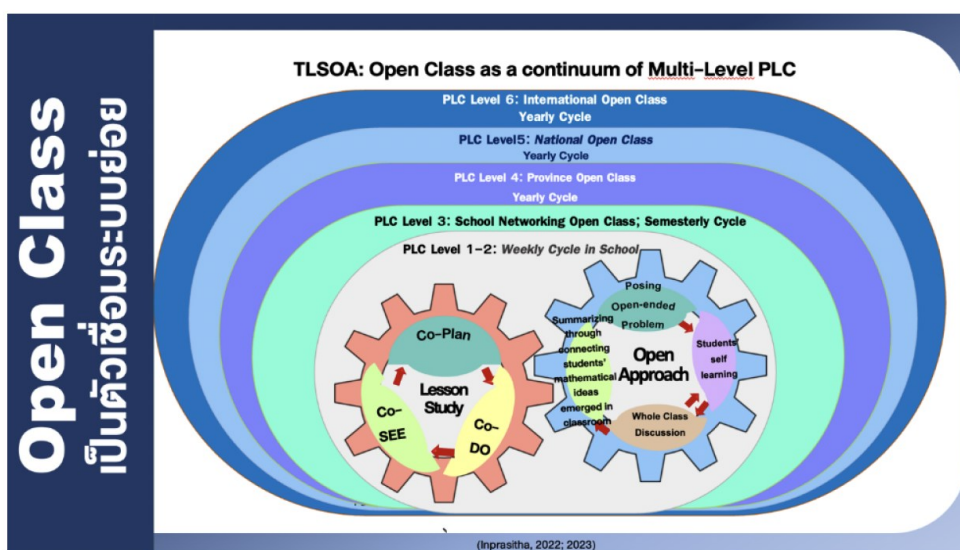
ชั้นเรียนดังกล่าวต้องได้รับการออกแบบ นำไปใช้ สังเกต และสะท้อนผลภายในวงจร การศึกษาชั้นเรียน โดยมีแนวคิดและการเรียนรู้ของผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ก่อนการพัฒนา TLSOA การเปิดชั้นเรียน (Open Class) อาจมีลักษณะเป็นกิจกรรมสาธิตการสอนหรือส่วน หนึ่งของการประชุมเชิงปฏิบัติการ โดยมุ่งนำเสนอรูปแบบการสอนและเปิดโอกาสให้ ผู้เข้าร่วมสังเกตการปฏิบัติการสอนของครู อย่างไรก็ตาม ภายใต้ TLSOA สถานะของ Open Class ได้เปลี่ยนจากกิจกรรมเฉพาะครั้งไปสู่องค์ประกอบเชิงโครงสร้างของระบบ การเรียนรู้เชิงวิชาชีพ Open Class จึงมีได้สิ้นสุดเมื่อการสอนจบลง แต่เป็นส่วนหนึ่งของ กระบวนการต่อเนื่อง ตั้งแต่การวางแผนร่วมกัน การนำบทเรียนไปใช้สอน การรวบรวมและ วิเคราะห์หลักฐาน การสะท้อนผล ตลอดจนการนำข้อค้นพบไปปรับปรุงบทเรียนในวงจร ถัดไป

การพิจารณาชั้นเรียนหนึ่งว่าเป็น Open Class ภายใต้ TLSOA มีเงื่อนไขสำคัญ สามประการ ประการแรก ชั้นเรียนต้องได้รับการพัฒนาผ่านการทำงานร่วมกันของทีม การศึกษาชั้นเรียน มิใช่เกิดจากการเตรียมการของครูผู้สอนเพียงลำพัง ประการที่สอง การ สังเกตต้องมุ่งศึกษากระบวนการเรียนรู้และแนวคิดของผู้เรียน มากกว่าการประเมิน ความสามารถของครูหรือความเรียบร้อยของกิจกรรม และประการที่สาม หลักฐานจากชั้น เรียนต้องถูกนำไปใช้ในการสะท้อนผล สร้างความรู้จากการปฏิบัติ และปรับปรุงการจัดการ เรียนรู้ร่วมกันอย่างต่อเนื่อง ด้วยเหตุนี้ ชั้นเรียนที่ดำเนินการตามสี่ขั้นของวิธีการแบบเปิด จึงมีได้เป็น Open Class โดยอัตโนมัติ หากปราศจากกระบวนการสืบสอบร่วมกันภายใน วงจรการศึกษาชั้นเรียน ในทางกลับกัน Open Class มิได้มุ่งตรวจสอบเพียงว่าครู ดำเนินการตามขั้นตอนของ Open Approach ได้ครบถ้วนหรือไม่ แต่ต้องเปิดโอกาสให้ผู้ ร่วมวิชาชีพศึกษาว่า สถานการณ์ปัญหาสนับสนุนให้นักเรียนเกิดแนวคิดใด ครูตอบสนอง และเชื่อมโยงแนวคิดเหล่านั้นอย่างไร แนวคิดของผู้เรียนเปลี่ยนแปลงผ่านการมีปฏิสัมพันธ์ ในลักษณะใด และองค์ประกอบใดของบทเรียนควรได้รับการปรับปรุง

ในความหมายดังกล่าว Open Class ทำหน้าที่เป็น “ระบบจุลภาคสำหรับการ วิเคราะห์ชั้นเรียน” (a microsystem for classroom analysis) เนื่องจากองค์ประกอบ สำคัญของระบบการศึกษาปรากฏให้ศึกษาได้ภายในชั้นเรียน ทั้งหลักสูตร เนื้อหา สถานการณ์ปัญหา สื่อและเทคโนโลยี การตัดสินใจของครู แนวคิดของผู้เรียน ปฏิสัมพันธ์ และวัฒนธรรมการเรียนรู้ หลักฐานที่เกิดขึ้นจึงมีได้สะท้อนเฉพาะคุณภาพการสอนของครู

รายบุคคล แต่ยังสะท้อนคุณภาพของการวางแผนร่วมกัน การสนับสนุนในระดับโรงเรียน และการดำเนินงานของชุมชนแห่งการเรียนรู้เชิงวิชาชีพที่อยู่เบื้องหลังชั้นเรียนนั้น

Open Class ยังทำหน้าที่เชื่อมโยงการเรียนรู้ทางวิชาชีพในหลายระดับ ระดับชั้นเรียนเป็นพื้นที่ที่หลักฐานเกี่ยวกับการสอน การเรียนรู้ และการคิดปรากฏขึ้น ระดับโรงเรียนใช้หลักฐานดังกล่าวเพื่อพัฒนางานการศึกษาชั้นเรียนและวัฒนธรรมการทำงานร่วมกัน ส่วนระดับเครือข่ายหรือระดับชาติใช้ Open Class เป็นฐานสำหรับแลกเปลี่ยนความรู้จากการปฏิบัติระหว่างโรงเรียนและผู้เกี่ยวข้อง Open Class จึงมีใช้กิจกรรมเพิ่มเติมจากการพัฒนาครู แต่เป็นกลไกเชื่อมโยงการปรับปรุงชั้นเรียนกับการเรียนรู้เชิงวิชาชีพและการพัฒนาระบบการศึกษา



ภาพที่ 4 แสดงโมเดล Open Class ภายใต้วัฏกรรม TLSOA ในฐานะตัวเชื่อมระบบย่อย

สำหรับ Open Class หน่วยสำคัญในการวิเคราะห์การดำเนินไปของชั้นเรียนคือ “แนวคิดของผู้เรียน” (student ideas) มากกว่าเนื้อหาบนกระดาน แผนการสอน หรือ กิจกรรมที่กำหนดไว้ล่วงหน้า คำว่า student ideas เน้นสิ่งที่ผู้เรียนแสดงออกและสามารถ ติดตาม วิเคราะห์ เปรียบเทียบ และเชื่อมโยงได้ ซึ่งอาจปรากฏในรูปของคำพูด ข้อเขียน ภาพ สัญลักษณ์ แบบจำลอง การกระทำ วิธีแก้ปัญหา หรือปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียน แนวคิดของผู้เรียนไม่ได้หมายถึงคำตอบทุกคำตอบที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน และไม่สามารถทำความเข้าใจได้จากนิยามเชิงข้อความเพียงอย่างเดียว การตีความต้องพิจารณาจากหลักฐานว่า ผู้เรียนใช้ความรู้และประสบการณ์เดิมอย่างไร ตีความเงื่อนไขของปัญหาในลักษณะใด

สร้างวิธีการหรือตัวแทนความคิดแบบใด ใช้เหตุผลสนับสนุนแนวทางของตนอย่างไร และแนวคิดนั้นเปลี่ยนแปลงภายหลังการเปรียบเทียบกับแนวคิดของผู้อื่นในลักษณะใด แนวคิดของผู้เรียนจึงเป็นหน่วยวิเคราะห์เชิงปฏิบัติการที่ต้องตีความจากหลักฐานและบริบทของชั้นเรียน

การให้แนวคิดของผู้เรียนเป็นศูนย์กลางช่วยให้สามารถศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการสำคัญสามประการ ได้แก่ กระบวนการสอน (teaching process) กระบวนการเรียนรู้ (learning process) และกระบวนการคิด (thinking process) (ดังภาพที่ 5) กระบวนการสอนพิจารณาการออกแบบเงื่อนไขการเรียนรู้ ตลอดจนการคาดการณ์ สังเกต เลือกรับ จัดลำดับ และเชื่อมโยงแนวคิดของผู้เรียน กระบวนการเรียนรู้พิจารณาการเปลี่ยนแปลงของแนวคิดผ่านประสบการณ์ การแก้ปัญหา และปฏิสัมพันธ์ทางสังคม ส่วนกระบวนการคิดพิจารณาการให้เหตุผล การใช้ตัวแทนความคิด การเชื่อมโยง และการตระหนักรู้ต่อแนวคิดของตน กระบวนการทั้งสามมีปฏิสัมพันธ์และส่งผลต่อกันตลอดการดำเนินไปของชั้นเรียน



ภาพที่ 5 แสดงกรอบแนวคิดในการวิเคราะห์ชั้นเรียนที่เน้นกระบวนการและผลลัพธ์

ในมิติของคุณภาพและมาตรฐาน การกำหนดมาตรฐานและตัวชี้วัดจากภายนอกเพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอที่จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในชั้นเรียน หากปราศจากวงจรการศึกษาการปฏิบัติและการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง การดำเนินงานตามมาตรฐานอาจกลายเป็นเพียงการปฏิบัติตามรายการตรวจสอบและการจัดทำหลักฐาน โดยที่กระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนยังคงเดิม คุณภาพการศึกษาจึงควรได้รับการสร้างและยกระดับผ่านวงจรการปรับปรุง (improvement cycle) ประกอบด้วยการศึกษาสภาพจริง การระบุปัญหา การออกแบบและทดลองแนวทาง การสังเกตผล และการสร้างความรู้จากหลักฐานของการ

ปฏิบัติ ซึ่ง Open Class เป็นโครงสร้างสนับสนุนวงจรดังกล่าว โดยเปิดโอกาสให้ครูนำเป้าหมายหรือมาตรฐานมาพิจารณาร่วมกับสภาพจริงและแนวคิดของผู้เรียน แล้วร่วมกันออกแบบบทเรียน นำบทเรียนไปใช้ สังเกตการเรียนรู้ และสะท้อนผลบนฐานของหลักฐาน กระบวนการนี้ทำให้มาตรฐานมิได้เป็นเพียงข้อกำหนดจากภายนอก แต่เป็นกรอบอ้างอิงที่ได้รับการตีความ ตรวจสอบ และเชื่อมโยงกับการเรียนรู้จริงในชั้นเรียน ภายใต้กรอบนี้ คุณภาพของครูไม่อาจพิจารณาแยกออกจากชุมชนการเรียนรู้เชิงวิชาชีพ เนื่องจากความสามารถในการออกแบบ สังเกต ตีความ และปรับปรุงการเรียนรู้มิได้เกิดจากการทำงานตามลำพัง แต่พัฒนาผ่านการศึกษาหลักฐานร่วมกันอย่างต่อเนื่อง คุณภาพของชั้นเรียนจึงสะท้อนทั้งคุณภาพการปฏิบัติของครูและคุณภาพของระบบสนับสนุนการเรียนรู้ทางวิชาชีพ

การใช้คำว่า TLSOA ในการวิจัยและการปฏิบัติควรสอดคล้องกับองค์ประกอบและระดับของการดำเนินงานจริง หากการศึกษามุ่งวิเคราะห์การจัดการเรียนรู้ตามสี่ขั้นของ Open Approach จุดเน้นของการศึกษาย่อมอยู่ที่ Open Approach แม้จะสามารถอ้างอิง TLSOA ในฐานะกรอบที่กว้างกว่า แต่ไม่ควรสรุปว่าเป็น การศึกษากระบวนการ TLSOA ทั้งระบบ หากยังมีได้ครอบคลุมวงจรการศึกษาชั้นเรียน, Open Class และความสัมพันธ์ของชุมชนการเรียนรู้เชิงวิชาชีพในระดับที่เกี่ยวข้อง ความชัดเจนของคำศัพท์จึงสัมพันธ์โดยตรงกับความถูกต้องของกรอบแนวคิด หน่วยวิเคราะห์ และข้อสรุปของการวิจัย

กล่าวโดยสรุป TLSOA Open Class มิได้หมายถึงเพียง “ชั้นเรียนที่เปิดให้เข้าชม” แต่หมายถึง “ชั้นเรียนที่เปิดให้ศึกษาร่วมกัน” ในฐานะการวิจัยชั้นเรียนสด โดยใช้แนวคิดของผู้เรียนเป็นหลักฐานสำคัญ การเปิดชั้นเรียนหรือ Open Class ทำให้ชั้นเรียนสามารถทำหน้าที่เป็นระบบย่อยสำหรับวิเคราะห์คุณภาพการเรียนรู้ และเชื่อมโยงข้อค้นพบจากระดับชั้นเรียนไปสู่การพัฒนาครู โรงเรียน เครือข่ายวิชาชีพ และระบบการศึกษา การศึกษาหลักฐานร่วมกันอย่างต่อเนื่องจึงเป็นเงื่อนไขสำคัญของการสร้างความรู้จากการปฏิบัติ การปรับปรุงบทเรียน และการยกระดับคุณภาพการเรียนรู้ของผู้เรียน

8. กลไกของ TLSOA ที่สนับสนุน STEM Learning

ความเชื่อมโยงระหว่าง TLSOA กับ STEM Learning ปรากฏผ่านการทำงานที่ต่อเนื่องและเกื้อหนุนกันขององค์ประกอบภายในกรอบ TLSOA โดยโจทย์ปัญหาปลายเปิด ทำหน้าที่เปลี่ยนการเรียนรู้จากการปฏิบัติตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ล่วงหน้า ไปสู่การตีความปัญหา การเลือกใช้ความรู้ การสร้างตัวแทนความคิด การให้เหตุผล และการตรวจสอบวิธีแก้ปัญหา กระบวนการเหล่านี้เป็นพื้นฐานของการคิดแบบ STEM เนื่องจากผู้เรียนต้องระดมความรู้และวิธีคิดจากศาสตร์ที่เกี่ยวข้องตามความจำเป็นของสถานการณ์ มิใช่ยึดตามขอบเขตของรายวิชาที่กำหนดไว้ล่วงหน้า

Open Class ทำให้กระบวนการดังกล่าวปรากฏเป็นหลักฐานที่สามารถศึกษาและวิเคราะห์ได้ โดยผู้สังเกตมุ่งพิจารณาว่า ผู้เรียนเผชิญและตีความปัญหาอย่างไร แนวคิดใดเกิดขึ้น มีการใช้เหตุผลและตัวแทนความคิดในลักษณะใด แนวคิดเปลี่ยนแปลงผ่านการอภิปรายและปฏิสัมพันธ์อย่างไร ตลอดจนการตัดสินใจของครูสนับสนุนหรือจำกัดการเรียนรู้ในประเด็นใด ด้วยเหตุนี้ คุณภาพของ STEM Learning จึงได้รับการพิจารณาจากหลักฐานของกระบวนการสอน การเรียนรู้ และการคิด มากกว่าการสรุปจากชื่อกิจกรรมชิ้นงาน หรือผลผลิตปลายทางเพียงอย่างเดียว หลักฐานที่ได้จาก Open Class มิได้มีความหมายเฉพาะต่อการปรับปรุงชั้นเรียนใดชั้นเรียนหนึ่งเท่านั้น แต่ยังเป็นฐานที่ TLSOA ใช้เชื่อมโยงการเรียนรู้และการพัฒนาในหลายระดับ กล่าวคือ ระดับชั้นเรียนเป็นพื้นที่ที่แนวคิดและการเรียนรู้ของผู้เรียนปรากฏให้ศึกษา ระดับโรงเรียนทำหน้าที่สนับสนุนเวลาทีมการศึกษาชั้นเรียน-และวงจรการเรียนรู้รายสัปดาห์ เพื่อให้ครูร่วมกันวางแผน นำบทเรียนไปใช้ สังเกต สะท้อนผล และปรับปรุงบทเรียน ส่วนระดับเครือข่ายหรือระดับชาติ ทำหน้าที่สนับสนุนการแลกเปลี่ยนหลักฐานและความรู้จากการปฏิบัติระหว่างโรงเรียน

การเชื่อมโยงหลักฐานจากชั้นเรียนไปสู่การเรียนรู้เชิงวิชาชีพในระดับที่กว้างขึ้น ทำให้ STEM Learning มิได้จำกัดอยู่ในโครงการหรือกิจกรรมเฉพาะครั้ง แต่ได้รับการพัฒนาให้เป็นส่วนหนึ่งของระบบการปรับปรุงการเรียนการสอนอย่างต่อเนื่อง กล่าวอีกนัยหนึ่ง Open Class ทำให้สามารถศึกษาว่า STEM Learning เกิดขึ้นในชั้นเรียนอย่างไร ขณะที่โครงสร้างหลายระดับของ TLSOA ช่วยให้องค์ความรู้ที่สร้างขึ้นจากชั้นเรียนนั้นถูกนำไปใช้ในการพัฒนาครู โรงเรียน เครือข่ายวิชาชีพ และคุณภาพการศึกษาอย่างเป็นระบบและยั่งยืน

เอกสารอ้างอิง

- ภาวิธ ทองโรจน์. (2569). คิดใหม่-สะเต็มศึกษาในประเทศไทย (Re-thinking STEM Education in Thailand). ใน **คิดใหม่-สะเต็มศึกษาในประเทศไทย (Re-thinking STEM Education in Thailand)** (น. 1–24). ศูนย์รวมผู้เชี่ยวชาญเพื่อการปฏิรูปการศึกษาไทย และสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ.
- ภาวิธ ทองโรจน์. (2569). **ยกเครื่องการศึกษาไทย**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ศรีเมือง
- ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์. (2565). **กระบวนการแก้ปัญหาในคณิตศาสตร์ระดับโรงเรียน**. ศูนย์วิจัยคณิตศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น: ขอนแก่น.
- ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์. (2569). การขับเคลื่อน STEM Education ในโครงการ APEC Lesson Study. ใน **คิดใหม่-สะเต็มศึกษาในประเทศไทย (Re-thinking STEM Education in Thailand)** (น. 36–57). ศูนย์รวมผู้เชี่ยวชาญเพื่อการปฏิรูปการศึกษาไทย และสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ.
- ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์. (2569). **การเปิดชั้นเรียน (Open Class) ไม่ใช่กิจกรรมแต่คือ “ระบบจุลภาค” (Microsystem) สำหรับการวิเคราะห์และยกระดับคุณภาพการศึกษา**. มุลินี การศึกษาเพื่อการพัฒนาทักษะการคิด.
- ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์. (2569). **TLSOA: STEM Education Approaches and practices for STEM learning** [เอกสารประกอบการบรรยาย 45th Intensive Seminar in Mathematics Education].
- Becker, J. P., & Shimada, S. (Eds.). (1997). **The open-ended approach: A new proposal for teaching mathematics**. National Council of Teachers of Mathematics.
- Inprasitha, M., Isoda, M., Wang-Iverson, P., & Yeap, B. H. (Eds.). (2015). **Lesson study: Challenges in mathematics education**. Singapore: World Scientific.
- Inprasitha, M., Changsri, N., & Isoda, M. (2020). **Looking back on the 12-year APEC Lesson Study Project: Thailand perspective**. *SEAMEO Journal*, 2, 1–26.

- Inprasitha, M. (2022). Lesson study and open approach development in Thailand: A longitudinal study. **International Journal for Lesson & Learning Studies**, 11(5), 1-15. <https://doi.org/10.1108/IJLLS-04-2021-0029>
- National Center for Education Statistics. (1999). **The TIMSS 1995 videotape classroom study**. U.S. Department of Education.
<https://nces.ed.gov/timss/video95.asp>
- Pólya, G. (1945). **How to solve it: A new aspect of mathematical method**. Princeton University Press.
- Schoenfeld, A. H. (1992). Learning to think mathematically: Problem solving, metacognition, and sense making in mathematics. In D. A. Grouws (Ed.), **Handbook of research on mathematics teaching and learning** (pp. 334-370). Macmillan.



ศูนย์รวมผู้เชี่ยวชาญเพื่อการปฏิรูปการศึกษาไทย
(Hub of Talents for Thailand Education Reform: HTER)
สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.)
www.hter.edts.or.th



www.hter.edts.or.th