

แบบประเมินบทความวิจัย

การประชุมวิชาการระดับชาติ “การศึกษาเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ ครั้งที่ 6” ประจำปี 2565

วันศุกร์ที่ 27 พฤษภาคม 2565 (ผ่านระบบออนไลน์)

1. ชื่อบทความ: การพัฒนาความสามารถในการสร้าง ค อธิบายตามแบบจำลองของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

2. หัวข้อการประเมินบทความ

รายการประเมิน	ผลการประเมิน			ข้อคิดเห็น/ข้อเสนอแนะ
	ผ่าน	ผ่านและแก้ไข	ไม่ผ่าน	
1. บทคัดย่อภาษาไทย		√		-บททวนข้อความหลัง “ เนื่องจากเหตุผล.....จุลภาคได้” ว่าเป็นลักษณะของความสามารถในการสร้างคำอธิบายตามแบบจำลอง หรือเป็นสาเหตุที่ทำให้ให้นักเรียนขาดความสามารถสร้างมันขึ้นมา และแก้ไขคำให้ถูกต้อง (ผู้วิจัยจะรู้คำตอบเมื่อพิจารณาที่ผลการวิจัย และที่บทอภิปรายผล)
2. บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		√		ปรับให้สอดคล้องกับบทคัดย่อไทยที่แก้ไขแล้ว
3. บทนำ	√			
4. วัตถุประสงค์การวิจัย	√			
5. สมมติฐานการวิจัย (ถ้ามี)	-	-	-	-
6. วิธีดำเนินการวิจัย		√		1. ข้อ 1 กลุ่มที่ศึกษา ผู้วิจัยควรระบุให้ชัดเจนว่าได้เลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling) โดยใช้เกณฑ์ใดบ้าง (เลือกจากข้อความที่บรรยายมาแล้ว โดยระบุเป็นข้อ ๆ) 2. เครื่องมือวิจัย: จำเป็นต้องมี “วิธีการจัดการเรียนรู้ฯ /หรือแผนจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะฯ เพราะมันคือตัวแปรอิสระของการวิจัยนี้ ส่วนที่เป็น การสะท้อนผลของครูผู้สอน (ตามที่ผู้วิจัยกล่าวไว้) เป็นเพียงผลการวิจัยข้อหนึ่งเท่านั้นซึ่งไม่จำเป็นต้องมีในบทความนี้ก็ได้ 3. การเก็บรวบรวมข้อมูล ต้องอธิบายถึงขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อตอบวัตถุประสงค์การวิจัยในบทความ คือ พิสูจน์ความสามารถในการสร้างคำอธิบาย...หลังการเรียนรู้แบบสืบเสาะฯ ดังนั้นรูปแบบการเก็บข้อมูลจึงเป็น กลุ่มตัวอย่างเดียวทดสอบหลังครั้งเดียว (One-group posttest only design) อย่างไรก็ตามเนื้อหาเดิมที่ผู้วิจัยเขียนก็มีประโยชน์มาก แต่มันควรเป็นคำอธิบายในส่วน of เครื่องมือวิจัย ที่เป็นแบบวัดความสามารถฯ
7. ผลการวิจัย	√			
8. สรุปผลการวิจัย	√			
9. อภิปรายผล	√			
10. ข้อเสนอแนะ	√			
11. เอกสารอ้างอิง		√		ปรับการจัดพิมพ์/การฝึกค้ำระหว่างบรรทัดให้เรียบร้อย
12. องค์ความรู้ใหม่และคุณค่าทางวิชาการ	√			

ผลการพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิ

- ☐ 1) บทความผ่านเกณฑ์
- ☒ 2) บทความผ่านเกณฑ์ แต่ต้องแก้ไขตามข้อเสนอแนะ
- ☐ 3) บทความไม่ผ่านเกณฑ์

การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายตามแบบจำลอง
ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2
ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายตามแบบจำลองของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายตามแบบจำลองกับนักเรียนจำนวน 28 คน แบบวัดนี้มีลักษณะเป็นสถานการณ์คำถามแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ให้อาณาเขตประกอบการอธิบาย และ ส่วนที่เป็นคำถามปลายเปิด จำนวน 5 ข้อ ซึ่งครอบคลุมองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายตามแบบจำลอง ได้แก่ การระบุส่วนประกอบ, การแสดงลำดับ, กระบวนการอธิบาย, หลักการทางวิทยาศาสตร์ และการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณโดยใช้สถิติบรรยาย ผลการวิจัยพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ ร้อยละ 46.43 สร้างคำอธิบายตามแบบจำลองได้อย่างถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ และนักเรียนร้อยละ 42.86 สร้างคำอธิบายตามแบบจำลองได้ไม่สมบูรณ์และมีการแสดงแนวคิดที่คลาดเคลื่อน มีนักเรียนเพียงร้อยละ 10.71 สร้างคำอธิบายตามแบบจำลองได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์ การที่นักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่สามารถสร้างคำอธิบายตามแบบจำลองได้อย่างสมบูรณ์ เนื่องจากเหตุผลหลายประการ ได้แก่ 1) นักเรียนขาดการอธิบายในขั้นตอนของกระบวนการสร้างและทำลายแรงยึดเหนี่ยว 2) นักเรียนไม่สามารถนำหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องมาใช้ในการอธิบายสนับสนุนปรากฏการณ์ที่ซับซ้อนได้ 3) นักเรียนไม่สามารถระบุได้ว่าองค์ประกอบใดในแบบจำลองที่สำคัญต่อการนำมาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ 4) นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงปรากฏการณ์ในระดับมหภาคกับระดับจุลภาคได้

คำสำคัญ: การสร้างคำอธิบายตามแบบจำลอง, การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน, แบบจำลอง

Development of Model-Based Explanation of Eighth Grade Students Using Model-Based Inquiry

ABSTRACT

The purpose of this research was to examine the model-based explanations of eighth grade students using model-based Inquiry. The model-based explanation test was used to collect data from 28 students. This test was a scenario with two parts: a drawing with brief explanation part and an 5-item open-ended question that covered the elements of model-based explanations such as component, sequence, explanatory process, scientific principles and mapping. Content analysis approaches were used to analyze qualitative data, whereas descriptive statistics were used to analyze quantitative data.

The research findings indicated that the majority of students held Incomplete model-based explanation (46.43 percent), Flawed model-based explanation (42.86 percent), and Complete model-based explanation. The Incomplete accurate model-based explanations were caused by the following considerations:

1) the students lacked an explanation in the process of creating and breaking cohesive forces; 2) the students were unable to apply relevant scientific principles to explain a complicated phenomenon; 3) The students were unable to determine which elements of the model should be employed to explain phenomena. 4) The students were unable to connect the macroscopic and microscopic aspects of the phenomenon.

Keywords: model-based explanation, model-based inquiry, model

บทนำ

การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เป็นเป้าหมายที่สำคัญของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน โดยถูกจัดให้เป็นสมรรถนะที่จำเป็นสำหรับใช้ในการประเมินความรอบรู้ทางวิทยาศาสตร์ ตามโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (Program for International Student Assessment : PISA) และเป็นหนึ่งในแนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม (Science and Engineering Practices) ตามมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของสหรัฐอเมริกา (Next Generation Science Standards [NGSS] , 2013) อีกทั้งยังสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551 ที่ให้ความสำคัญกับการที่นักเรียนสามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในธรรมชาติได้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) แต่จากผลการประเมินตามโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) ด้านการรู้วิทยาศาสตร์ในปี 2006 และ 2015 ซึ่งเป็นปีที่เน้นการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ พบว่า ผลการประเมินของนักเรียนไทยยังคงต่ำกว่าค่าเฉลี่ยขององค์การเพื่อความร่วมมือและการพัฒนาทางเศรษฐกิจ (OECD) และนักเรียนไทยจำนวนเกือบครึ่งหนึ่งมีผลการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ยังไม่ถึงระดับพื้นฐาน และ จากผลการประเมิน PISA 2015 นักเรียนมีจุดอ่อนอยู่ที่สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561) ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยที่พบว่านักเรียนยังคงมีปัญหาในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งองค์ประกอบด้านการให้เหตุผล (กฤตกร สภาสันติกุล, 2558; ศิริยุญา หิริโอ, 2563) ทั้งนี้สาเหตุที่นักเรียนไม่สามารถให้เหตุผลที่เชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างและหลักฐานได้ เนื่องจากการชี้แจงความสัมพันธ์ระหว่างข้อสรุปและหลักฐานต้องอาศัยความรู้รอบตัวและความรู้วิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง (สุทธินิภา สุทธิกุล และ ลือชา ลดาชาติ, 2556) นอกจากนี้หากความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่จะต้องอธิบายนั้นเป็นแนวคิดที่เป็นนามธรรมหรือซับซ้อน ก็จะทำให้นักเรียนไม่สามารถสร้างคำอธิบายได้ และทำให้คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนขาดความสมบูรณ์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยในต่างประเทศที่ระบุว่า บางครั้งนักเรียนจะมีปัญหาในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์กับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่ซับซ้อน เป็นนามธรรม เนื่องจากมีปัญหากับการระบอบองค์ประกอบภายในระบบที่มองไม่เห็น (Forbus et al., 2005; Gracia et al., 2010)

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า นักการศึกษาหลายท่านได้มีนำแบบจำลองมาใช้ในการส่งเสริมให้นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และพัฒนาองค์ประกอบในด้านการให้เหตุผลในเนื้อหาที่มีความเป็นนามธรรมสูง (สุทธินิภา สุทธิกุล, 2558; พันธ์นิดา มีลา, 2560) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเนื้อหาที่มีลักษณะเป็นกระบวนการ กลไกที่ค่อนข้างซับซ้อน ด้วยเหตุผลหลายประการ ประการแรกการได้มีส่วนร่วมในการสร้างและทำความเข้าใจแบบจำลองจะช่วยให้สามารถสร้าง ขยาย และปรับแต่ง องค์ความรู้ในการทำทำความเข้าใจปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้ (Romberg, Carpenter & Kwako, 2005; Portides, 2007) ประการที่สอง การสร้างแบบจำลองสามารถพัฒนาความรู้ด้านเนื้อหาโดยการทำให้กระบวนการ กลไกและส่วนประกอบที่มองไม่เห็นสามารถมองเห็นได้ (Schwarz et al., 2009; Forbes, Zangori & Schwarz, 2015) แต่ทั้งนี้ นักเรียนยังคงมีปัญหาในการระบอบองค์ประกอบใดในแบบจำลองที่มีความสำคัญต่อการนำเสนอหรือใช้ในการอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ รวมทั้งไม่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของแต่ละองค์ประกอบทั้งที่มองเห็นได้และมองไม่เห็นภายในระบบ (Zangori, Forbes & Schwarz, 2015) ด้วยเหตุนี้เพื่อเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ต่อปรากฏการณ์ธรรมชาติที่มีลักษณะเป็นกลไกที่ค่อนข้างซับซ้อนหรือมีความเป็นนามธรรมสูง ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายตามแบบจำลอง (Model-based explanation) ให้กับนักเรียน โดยคำอธิบายตามแบบจำลอง เป็นการใชแบบจำลองเพื่อเป็นเครื่องมือในการทำนายและอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติทั้งที่มองเห็นได้และมองไม่เห็นเข้าด้วยกัน โดยอยู่ภายใต้หลักฐานและเหตุผลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ (Zangori et al., 2015) ได้แก่ การระบุส่วนประกอบ (Components) เป็นการระบุองค์ประกอบของกระบวนการซึ่งเป็น

ตัวแทนของระบบ การแสดงลำดับ (Sequence) เป็นการแสดงลำดับขั้นตอนของกระบวนการภายในระบบ กระบวนการอธิบาย (Explanatory process) เป็นการอธิบายกลไกเชิงสาเหตุของแต่ละองค์ประกอบภายในแบบจำลองว่าเกิดขึ้นได้อย่างไร และเพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ (Mapping) เป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแบบจำลองกับปรากฏการณ์เฉพาะของระบบ และหลักการทางวิทยาศาสตร์ (Principle) เป็นการระบุแนวคิดหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องมาอธิบายสนับสนุนความเชื่อมโยงแต่ละองค์ประกอบของแบบจำลอง

ทั้งนี้แนวทางในการส่งเสริมให้นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายตามแบบจำลองได้นั้น มีความจำเป็นที่จะต้องให้นักเรียนได้เรียนรู้แนวปฏิบัติของการสร้างแบบจำลอง คือ การที่นักเรียนพัฒนาแบบจำลองเบื้องต้นด้วยความรู้เดิม และใช้แบบจำลองนี้ในการสำรวจตรวจสอบ รวมทั้งประเมินแบบจำลองเบื้องต้นในการอธิบายและทำนายปรากฏการณ์และหลังจากการประเมินแล้วจึงแก้ไขแบบจำลองเริ่มต้นเพื่อให้สอดคล้องกับความเข้าใจใหม่ที่เกิดขึ้น ทั้งนี้เป็นการฝึกฝนให้นักเรียนสร้างคำอธิบายตามแบบจำลอง (Model-based explanation) ได้ด้วยตนเอง (Zangori & Forbes, 2015; 2016) และจากแนวปฏิบัติดังกล่าว จะเห็นได้ว่ามีความสอดคล้องกับวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่มีการเปิดโอกาสให้นักเรียนเป็นผู้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านแนวปฏิบัติของการสร้างแบบจำลอง แต่อย่างไรก็ตามยังไม่มีงานวิจัยที่ใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายตามแบบจำลองเพื่อส่งเสริมให้อธิบายถึงกลไกหรือกระบวนการเกิดการเปลี่ยนแปลงในระดับอนุภาคของสารในทางเคมี ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มาพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายตามแบบจำลองของนักเรียนเกี่ยวกับกระบวนการละลายของสาร เนื่องจากกระบวนการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว สามารถช่วยให้นักเรียนสามารถใช้แบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นจากการสำรวจตรวจสอบ มาสร้างคำอธิบาย ทำนายและให้เหตุผลกับสิ่งที่มีความซับซ้อนและเป็นนามธรรมได้ (Windschitl, Thompson & Braaten, 2008 ; Passmore, Stewart & Cartier, 2009) ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อนักวิจัย ในการทำให้ทราบถึงกระบวนการได้มาซึ่งความรู้ของนักเรียน ว่านักเรียนมีพฤติกรรม มีกระบวนการคิด หรือมีแนวปฏิบัติเช่นใด ในการใช้แบบจำลองในการทำนายและสร้างคำอธิบายต่อปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ หรือได้ข้อมูลเกี่ยวกับจุดแข็งจุดอ่อนของการนำแบบจำลองไปใช้ในการสร้างคำอธิบาย รวมทั้งทำให้ทราบถึงแนวความคิดที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนจากแบบจำลองที่นักเรียนแสดงออก (expressed model)

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายตามแบบจำลอง ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภายหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยในชั้นเรียน (Classroom action research) ซึ่งมีการนำเสนอข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ โดยวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณด้วยสถิติร้อยละ และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยวิธีการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายตามแบบจำลองของนักเรียน โดยงานวิจัยนี้ขอเสนอเฉพาะส่วนผลที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน ยังไม่ได้นำเสนอแนวปฏิบัติของครูผู้สอนที่ได้จากกระบวนการสะท้อนคิดตามขั้นตอน PAOR ซึ่งมีวิธีการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. กลุ่มที่ศึกษา

นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสตรีแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา กรุงเทพมหานคร เขต 1 จังหวัดกรุงเทพมหานคร จำนวน 28 คน ซึ่งเป็นนักเรียนในความรับผิดชอบในการสอน

รายวิชาวิทยาศาสตร์ 3 ดังนั้นผู้วิจัยจะมีความใกล้ชิดและสามารถสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนได้ โดยนักเรียนห้องนี้เป็นห้องเรียนปกติแต่มีผลการเรียนอยู่ในระดับดี คณะความสามารถมีทั้งนักเรียนกลุ่มเก่ง ปานกลาง อ่อน และนักเรียนกลุ่มนี้ได้ผ่านการเรียนรู้เกี่ยวกับสารบริสุทธิ์ สารผสม และแบบจำลองอนุภาคของสสารมาแล้วในตอนมัธยมศึกษาปีที่ 1 นอกจากนี้จากการสอบถามอาจารย์ที่ปรึกษาพบว่านักเรียนห้องนี้ค่อนข้างมีความรับผิดชอบและมีความพร้อมในการเรียน ทั้งด้านอุปกรณ์ และอินเทอร์เน็ต ซึ่งนักเรียนสามารถสืบค้นหาข้อมูลได้จากทุกที่ทั้งที่บ้านและที่โรงเรียน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ คือ แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายตามแบบจำลอง ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง สารละลาย มีวัตถุประสงค์เพื่อวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายตามแบบจำลองของนักเรียนในเนื้อหาเกี่ยวกับกระบวนการละลายของสาร ซึ่งลักษณะของแบบวัดจะเป็นการกำหนดสถานการณ์คำถาม และให้นักเรียนตอบคำถามใน 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นคำถามสำหรับให้นักเรียนวาดภาพอธิบายกระบวนการละลายของสาร และ ส่วนที่ 2 เป็นคำถามปลายเปิดจำนวน 4 ข้อ รวมทั้งสิ้น 5 ข้อ โดยแต่ละข้อวัดองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายตามแบบจำลองแต่ละองค์ประกอบ (Zangori et al., 2015) นำแบบวัดนี้ไปหาคุณภาพโดยเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ซึ่งประกอบด้วยนักวิทยาศาสตร์ศึกษา 2 ท่าน และครูผู้สอนรายวิชาเคมี 1 ท่าน พิจารณาความตรงเชิงโครงสร้างและเนื้อหา โดยผู้เชี่ยวชาญพิจารณาให้ข้อเสนอแนะปรับข้อคำถามเป็นปลายเปิดที่ให้นักเรียนแสดงความคิดอย่างอิสระและไม่ชี้นำคำตอบ และลดข้อคำถามลงโดยให้วิเคราะห์คำตอบจากภาพวาดแทน

3. การเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 ภายหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ครบทั้ง 3 แผนการจัดการเรียนรู้ ในเนื้อหากระบวนการละลาย, พลังงานกับกระบวนการละลาย และผลของอุณหภูมิต่อสภาพการละลาย จากนั้นผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา โดยเริ่มต้นจากการกำหนดรหัสนักเรียนเป็น STD01 STD02 และ STD03 แทนนักเรียนคนที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ จากนั้นผู้วิจัยจึงได้วิเคราะห์คำตอบรายข้อ โดยอ่านคำตอบของนักเรียนทั้งหมดโดยละเอียด ซึ่งพิจารณาจากภาพวาด และการเขียนอธิบายของนักเรียนในแต่ละข้อคำถาม จากนั้นจึงตีความหมายของคำตอบ ซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์แบบแยกรายองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายตามแบบจำลองก่อน แล้วจึงวิเคราะห์ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบทั้งหมด ดังนี้

1) การวิเคราะห์ข้อมูลแบบแยกรายองค์ประกอบ ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยอ่านคำตอบของนักเรียนเป็นรายข้อตามองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายตามแบบจำลองอย่างละเอียด และจัดกลุ่มเพื่อแบ่งระดับความสามารถของแต่ละองค์ประกอบออกเป็น 4 ระดับ (0-3) ปรับจากเกณฑ์ Zangori et al.(2015) เพื่อให้สอดคล้องกับระดับความสามารถของนักเรียนดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวอย่างเกณฑ์การจัดระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายตามแบบจำลองแบบแยกรายองค์ประกอบ

องค์ประกอบ ของ MBE	ระดับ 3	ระดับ 2	ระดับ 1	ระดับ 0
Sequence	มีการระบุและเรียงลำดับขั้นตอนของกระบวนการละลายของสารได้ถูกต้องครบถ้วนทั้ง 3 ขั้นตอน ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้าง, การจัดเรียงตัว	มีการระบุและเรียงลำดับขั้นตอนของกระบวนการละลายของสารได้ถูกต้องอย่างน้อย 2 ขั้นตอน ดังนี้ การเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้าง, การจัดเรียงตัว	มีการระบุขั้นตอนของกระบวนการละลายได้อย่างถูกต้องเพียงขั้นตอนเดียว จึงไม่ได้แสดงให้เห็นลำดับขั้นตอนของ	มีการระบุขั้นตอนของกระบวนการละลายได้ ไม่ถูกต้อง หรือระบุได้ ในระดับมหภาค

องค์ประกอบ ของ MBE	ระดับ 3	ระดับ 2	ระดับ 1	ระดับ 0
	ของตัวละลาย-ตัวทำ ละลาย และการสร้าง- ทำลายแรงยึดเหนี่ยว	ของตัวละลาย-ตัวทำ ละลาย และการสร้าง- ทำลายแรงยึดเหนี่ยว	กระบวนการ	

2) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ MBE ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของทั้ง 5 องค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายตามแบบจำลอง และจัดให้นักเรียนที่มีลักษณะคำตอบที่คล้ายคลึงกันอยู่กลุ่มเดียวกัน โดยพิจารณาจากความถูกต้องของแนวคิด, ความครบถ้วนของประเด็นคำตอบในแต่ละองค์ประกอบ และจัดกลุ่มระดับความสามารถ MBE ออกเป็น 3 กลุ่ม ดังแสดงในตารางที่ 2 เกณฑ์การจัดกลุ่มความสามารถในการสร้างคำอธิบายตามแบบจำลอง

ตารางที่ 2 เกณฑ์การจัดกลุ่มความสามารถในการสร้างคำอธิบายตามแบบจำลอง (Model based explanation, MBE)

กลุ่มความสามารถในการสร้างคำอธิบายตามแบบจำลอง	เกณฑ์การประเมิน
สร้างคำอธิบายตามแบบจำลองได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์ (Complete correct model-based explanation, CCMBE)	สร้างคำอธิบายอยู่ในระดับ 3 ได้ทั้ง 5 องค์ประกอบของ MBE โดยนักเรียนสามารถระบุองค์ประกอบสำคัญของกระบวนการละลายได้ครบถ้วน มีการแสดงลำดับขั้นตอนของกระบวนการละลาย และสามารถใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์มาอธิบายสนับสนุนกระบวนการละลายได้อย่างสมบูรณ์
สร้างคำอธิบายตามแบบจำลองได้อย่างถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Incomplete correct model-based explanation, ICMBE)	สร้างคำอธิบายโดยองค์ประกอบของ MBE ส่วนใหญ่อยู่ในระดับ 2 โดยนักเรียนระบุองค์ประกอบสำคัญของกระบวนการละลายได้ไม่ครบถ้วน สามารถระบุลำดับขั้นตอนของกระบวนการละลายได้ แต่ไม่สมบูรณ์ และไม่สามารถใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์มาอธิบายสนับสนุนกระบวนการละลายได้
สร้างคำอธิบายตามแบบจำลองได้ไม่สมบูรณ์และมีการแสดงแนวคิดที่คลาดเคลื่อน (Flawed model-based explanation, FMBE)	สร้างคำอธิบายโดยองค์ประกอบของ MBE บางส่วนอยู่ในระดับ 0 โดยนักเรียนมีการแสดงแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับกระบวนการละลาย

ผลการวิจัย

จากผลการวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างคำอธิบายตามแบบจำลองของนักเรียนจำนวน 28 คน เรื่องกระบวนการละลายของสาร พบว่า นักเรียนร้อยละ 10.71 (3 คน) สร้างคำอธิบายตามแบบจำลองได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์ นักเรียนร้อยละ 46.43 (13 คน) สร้างคำอธิบายตามแบบจำลองได้อย่างถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ และนักเรียนร้อยละ 42.86 (12 คน) สร้างคำอธิบายตามแบบจำลองได้ไม่สมบูรณ์และมีการแสดงแนวคิดที่คลาดเคลื่อน และเพื่อความเข้าใจที่ชัดเจนผู้วิจัยขอแสดงรายละเอียด ดังนี้

นักเรียนกลุ่มที่สร้างคำอธิบายตามแบบจำลองได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์

นักเรียนกลุ่มนี้สามารถสร้างคำอธิบายตามแบบจำลองเกี่ยวกับกระบวนการละลายของสาร โดยอธิบายครอบคลุมทั้ง What, How และ Why กล่าวคือ สามารถระบุองค์ประกอบของสารละลายได้ทั้งชนิดของอนุภาคและปฏิสัมพันธ์ระหว่างอนุภาค (What) รวมทั้งอธิบายกระบวนการเปลี่ยนแปลงของอนุภาค ทั้งการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้าง เช่น การแยกตัวและการจัดเรียงตัวของตัวละลายและตัวทำละลาย รวมถึงอธิบายกระบวนการเปลี่ยนแปลงที่เกี่ยวข้องกับการสร้างและทำลายแรงยึดเหนี่ยว (How) โดยให้เหตุผลที่สอดคล้องกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ของกระบวนการละลายที่เกี่ยวกับความมีขั้วของสาร และ พลังงานกับกระบวนการละลาย (Why)

ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน STD27 ที่สามารถระบุองค์ประกอบของอนุภาคสาร A และอนุภาคน้ำได้ อีกทั้งยังระบุองค์ประกอบที่แสดงปฏิสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคได้ ได้แก่ แรงยึดเหนี่ยว, พลังงาน และสภาพขั้วของสาร ซึ่งแสดงในภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 แสดงการอธิบายกระบวนการละลายของสารในน้ำ
ของนักเรียนรหัส STD27

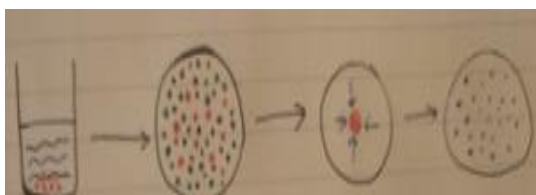
จากภาพประกอบคำอธิบายของนักเรียนจะเห็นได้ว่านักเรียน STD27 สามารถอธิบายโดยการระบุว่า “น้ำ (H_2O) มีโมเลกุลบวก คือ H^+ และ โมเลกุลลบ คือ O^- ซึ่งขั้วในโมเลกุลของน้ำ ทำให้น้ำเป็นตัวทำละลายที่ดี โมเลกุลของสาร A ที่มีลักษณะเป็นเกล็ดสีน้ำตาลเป็นโมเลกุลที่มีขั้วเนื่องจากมีองค์ประกอบที่เกิดแรงยึดเหนี่ยวกับน้ำได้ เช่น ประจุบวกหรือลบจำนวนมากเป็นผลให้โมเลกุลของสาร A ดึงดูดโมเลกุลของน้ำได้ และด้วยความแข็งแรงของแรงระหว่างโมเลกุลของสาร A และน้ำที่มีมากกว่าแรงระหว่างโมเลกุลของน้ำและโมเลกุลของสาร A ด้วยกัน จึงทำให้สาร A แยกตัวและกระจายตัวอยู่ระหว่างโมเลกุลของน้ำได้” จากคำตอบของนักเรียนจะเห็นได้ว่านักเรียนสามารถอธิบายกระบวนการละลายของสาร ได้ครอบคลุมทั้ง What คือ การระบุตัวละลาย, ตัวทำละลาย, แรงยึดเหนี่ยว และสภาพขั้วของสารได้ How คือ การแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความมีขั้วของสาร-แรงยึดเหนี่ยว-กระบวนการเปลี่ยนแปลงของตัวละลายและตัวทำละลาย ได้อย่างเป็นลำดับขั้นตอน และ Why คือ สามารถระบุและใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับความมีขั้วของสารมาอธิบายให้เหตุผลได้ว่า ขั้วของสารเกิดจากอะตอมของธาตุมีการแสดงประจุทางไฟฟ้าทำให้สารสามารถสร้างแรงยึดเหนี่ยวกันได้ และด้วยความแข็งแรงระหว่างแรงยึดเหนี่ยวของตัวละลายและตัวทำละลายที่มีต่อกันจึงทำให้สารเกิดการเปลี่ยนแปลง

กลุ่มนักเรียนที่สร้างคำอธิบายตามแบบจำลองได้อย่างถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

นักเรียนกลุ่มนี้สามารถสร้างคำอธิบายตามแบบจำลองได้ และสามารถระบุชนิดของอนุภาคได้ แต่จะระบุองค์ประกอบที่แสดงถึงปฏิสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคได้เพียงอย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น ได้แก่ แรงยึดเหนี่ยว หรือ พลังงาน โดยนักเรียนจะมีมุมมองเกี่ยวกับปฏิสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคในเชิงการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างเท่านั้น เช่น การแยกตัวและการจัดเรียงตัวของตัวละลายและตัวทำละลายในสารละลาย จึงทำให้ระบุองค์ประกอบที่แสดงถึงปฏิสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคได้เพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง ได้แก่ แรงยึดเหนี่ยว หรือ พลังงาน จึงทำให้องค์ประกอบสำหรับการใช้ในการสร้างคำอธิบายใน

กระบวนการทำลายหรือสร้างแรงยึดเหนี่ยวไม่สมบูรณ์ ส่งผลให้นักเรียนกลุ่มนี้ ไม่สามารถอธิบายกระบวนการเกี่ยวกับการทำลายและสร้างแรงยึดเหนี่ยวได้ และทำให้การระบุขั้นตอนของกระบวนการละลายไม่สมบูรณ์ อีกทั้งยังไม่สามารถใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์มาอธิบายให้เหตุผลสนับสนุนได้

ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน STD14 ซึ่งแสดงในภาพประกอบที่ 2 จะเห็นได้ว่านักเรียนจะระบุเฉพาะองค์ประกอบของตัวละลายและตัวทำละลาย และสามารถระบุองค์ประกอบที่แสดงปฏิสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคได้เพียงองค์ประกอบเดียว คือ มีการระบุองค์ประกอบที่แสดงแรงดึงดูดของน้ำที่กระทำต่ออนุภาคของสาร โดยการแสดงด้วยลูกศรสีฟ้า ซึ่งนักเรียนแสดงการเปลี่ยนแปลงที่อธิบายเฉพาะการเปลี่ยนแปลงในเชิงโครงสร้าง ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงของสาร และการจัดเรียงตัวของอนุภาคตัวละลายและตัวทำละลายในสารละลาย โดยปราศจากการอธิบายที่แสดงถึงกระบวนการทำลายและสร้างแรงยึดเหนี่ยว

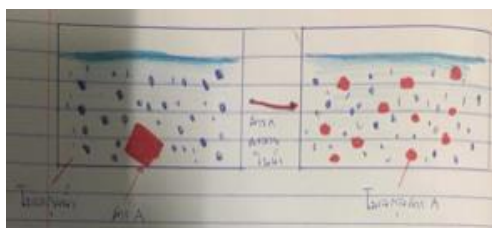


ภาพประกอบ 2 แสดงการอธิบายกระบวนการละลายของสารในน้ำ
ของนักเรียนรหัส STD14

จากภาพประกอบการอธิบายของนักเรียนจะเห็นได้ว่านักเรียน STD14 สามารถอธิบายโดยการระบุว่า “โมเลกุลของน้ำดึงดูดโมเลกุลของสาร A จึงทำให้โมเลกุลของสาร A แตกกลายเป็นโมเลกุลเล็กลง” จากคำตอบของนักเรียนจะเห็นได้ว่านักเรียนสามารถอธิบายกระบวนการละลายของสารได้ แต่ไม่สมบูรณ์ เนื่องจากนักเรียนระบุได้เพียง What คือ การระบุตัวละลาย, ตัวทำละลาย และแรงดึงดูดของตัวละลาย และสามารถระบุ How คือ การแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงดูดของตัวทำละลายกับกระบวนการเปลี่ยนแปลงของสาร แต่นักเรียนไม่สามารถระบุ Why ได้ว่าเพราะเหตุใดตัวทำละลายจึงสร้างแรงดึงดูดกับตัวละลายได้ และไม่สามารถให้เหตุผลได้ว่าเพราะเหตุใดการสร้างแรงดึงดูดกับตัวทำละลายจึงทำให้สารเกิดการเปลี่ยนแปลงเช่นนั้น

กลุ่มที่สร้างคำอธิบายตามแบบจำลองได้ไม่สมบูรณ์และมีการแสดงแนวคิดที่คลาดเคลื่อน

นักเรียนกลุ่มนี้ส่วนใหญ่สามารถสร้างคำอธิบายตามแบบจำลอง โดยระบุถึงชนิดขององค์ประกอบที่อยู่ในสารละลายได้ เช่น ตัวละลายและตัวทำละลาย แต่ไม่สามารถระบุองค์ประกอบสำคัญของกระบวนการละลายได้ อาทิ พลังงาน ความมีขั้วของสาร ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน STD04 ซึ่งแสดงในภาพประกอบ 3 โดยการสร้างคำอธิบายจะเน้นการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างและการจัดเรียงตัวของสารที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเกิดการละลาย โดยไม่สามารถระบุและอธิบายขั้นตอนของการสร้างหรือทำลายแรงยึดเหนี่ยวได้ รวมทั้งอธิบายให้เหตุผลของการเปลี่ยนแปลงในระดับอนุภาคโดยมีการใช้แนวคิดที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับกระบวนการทำลายและสร้างแรงยึดเหนี่ยว ได้แก่ นักเรียนมีความเข้าใจว่าอนุภาคน้ำทำให้อนุภาคสาร A แยกออกจากกันโดยการแทรกตัวระหว่างอนุภาคสาร A หรือมีความเข้าใจว่าอนุภาคน้ำทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างสาร A คลายตัว หรือมีความเข้าใจว่าอนุภาคสาร A แยกออกจากกันเกิดจากการออสโมซิสของน้ำ หรือเกิดจากการกักตัวของน้ำ



ภาพประกอบ 3 แสดงการอธิบายกระบวนการละลายของสารในน้ำ
ของนักเรียนรหัส STD04

นอกจากนี้นักเรียนยังมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับกระบวนการละลาย โดยมีความเข้าใจว่ากระบวนการละลายของสารกับการเปลี่ยนสถานะของสารเป็นอย่างเดียวกัน โดยนักเรียนมีความเข้าใจว่าการที่นำสารที่มีสถานะเป็นของแข็งเมื่อใส่ลงไปลงในน้ำ จะเกิดการละลายจนมีสถานะเป็นของเหลว นักเรียนจึงเข้าใจว่าการละลายของสารเป็นการเปลี่ยนสถานะเนื่องจากสารได้เปลี่ยนจากของแข็งเป็นของเหลวได้ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนรหัส STD01 และ STD05 ที่ระบุหลักการทางวิทยาศาสตร์ว่าเกี่ยวข้องกับ “การเปลี่ยนสถานะของสาร” โดยให้เหตุผลว่า “สาร A จากที่เป็นของแข็งเปลี่ยนไปเป็นของเหลว เกิดจากการถูกละลาย การเปลี่ยนสถานะ”

สรุปผลและอภิปรายผล

จากผลการวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างคำอธิบายตามแบบจำลอง เรื่อง กระบวนการละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมาแล้วนั้น สามารถสรุปได้ว่า นักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่สามารถสร้างคำอธิบายตามแบบจำลองได้อย่างสมบูรณ์ เนื่องจากเหตุผลหลายประการ ดังนี้

1) นักเรียนขาดการอธิบายในขั้นตอนของกระบวนการสร้างและทำลายแรงยึดเหนี่ยว โดยนักเรียนมักอธิบายในกระบวนการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้าง เช่น การแยกตัวและการจัดเรียงตัวของตัวละลายและตัวทำละลาย ที่เป็นเช่นนั้นเนื่องจากการจัดกิจกรรมการสอนในครั้งนี้เป็นการจัดการเรียนการสอนในรูปแบบออนไลน์ จึงทำให้ผู้วิจัยเน้นการใช้สื่อจำลองเสมือนจริง(Simulation) เป็นเครื่องมือสำหรับให้นักเรียนสำรวจตรวจสอบ ซึ่งสื่อจำลองเสมือนจริงนั้นจะปรากฏเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างซึ่งนักเรียนสามารถสังเกตเห็นได้อย่างชัดเจน แต่ในส่วนของการสร้างและทำลายแรงยึดเหนี่ยว นักเรียนต้องอาศัยการทำความเข้าใจโดยสังเกตจากแถบพลังงานที่เปลี่ยนแปลงไป หรือแถบสภาพผิวของสารที่สามารถปรับได้ แต่เนื่องด้วยผู้วิจัยไม่ได้ใช้คำถามในการกระตุ้นนักเรียนให้พิจารณาเกี่ยวกับส่วนประกอบดังกล่าว ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับกระบวนการสร้างและทำลายแรงยึดเหนี่ยวเท่าที่ควร ทำให้นักเรียนบางส่วนไม่สามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของพลังงานหรือสภาพผิวของสารที่ปรากฏใน simulation กับกระบวนการสร้างและทำลายแรงยึดเหนี่ยวได้ จึงทำให้นักเรียนยังขาดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการดังกล่าว และส่งผลให้นักเรียนละเลยและไม่สามารถอธิบายเกี่ยวกับขั้นตอนของกระบวนการสร้างและทำลายแรงยึดเหนี่ยวได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ลฎาภา สุทธิกุล และ ลือชา ลดาชาติ (2556) ที่ระบุว่า ความรู้รอบตัวและความรู้วิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง มีความสำคัญจำเป็นอย่างยิ่งต่อการสร้างคำอธิบายและให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

2) นักเรียนไม่สามารถนำหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องมาใช้ในการอธิบายสนับสนุนปรากฏการณ์ที่ซับซ้อนได้ ทั้งนี้เนื่องจากการอธิบายเกี่ยวกับกระบวนการละลายของสาร มีกลไกหรือกระบวนการที่ค่อนข้างมีความซับซ้อน จึงทำให้ต้องใช้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายมาสนับสนุน ดังเช่น ความรู้เกี่ยวกับพฤติกรรมของอนุภาคของสาร (การสั่นของอนุภาคหรือการเคลื่อนที่ของอนุภาคด้วยพลังงานจลน์) ความรู้เกี่ยวกับพลังงาน ความรู้เกี่ยวกับความมีขั้วของสาร รวมทั้งเกณฑ์ในการจำแนกตัวละลายและตัวทำละลาย ซึ่งอาจทำให้นักเรียนไม่สามารถบูรณาการความรู้ได้ครบทุกมิติและไม่สามารถสร้างคำอธิบายได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เอกภูมิ จันทรวงศ์ ญาณิศา ทรัพย์สิน และเยาวดี จันทน์นามอม (2564) ที่ระบุว่านักเรียนไม่สามารถนำหลักการทางวิทยาศาสตร์ ไปเชื่อมโยงเข้ากับบริบทที่ซับซ้อนได้ เนื่องจากนักเรียนต้องบูรณาการความรู้หลายเรื่องเข้าด้วยกัน

3) นักเรียนไม่สามารถระบุได้ว่าองค์ประกอบใดในแบบจำลองที่สำคัญต่อการนำมาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ เนื่องจากกระบวนการละลายของสาร เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นในระดับที่มองไม่เห็น อีกทั้งยังเป็นแนวคิดที่มีความเป็นนามธรรมสูง ต้องใช้จินตนาการประกอบการทำความเข้าใจ ถึงแม้ว่าผู้วิจัยจะได้มีการใช้สื่อจำลองเสมือนจริง (Simulation) มาส่งเสริมนักเรียนในการเปลี่ยนแปลงแนวคิดที่เป็นนามธรรมให้อยู่ในลักษณะที่เป็นรูปธรรมมากขึ้น เพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจของนักเรียน เช่น การใช้ simulation ที่แสดงกระบวนการละลายของน้ำตาลในน้ำ มาให้นักเรียนศึกษาและใช้เป็นเครื่องมือในการอธิบายกระบวนการของสารในน้ำ โดยใน Simulation จะมีทั้งแถบเครื่องมือที่แสดงถึงระดับพลังงานที่เปลี่ยนแปลงขณะเกิดกระบวนการละลาย รวมถึงมีแถบเครื่องมือที่ให้นักเรียนปรับเปลี่ยนสภาพตัวของสารได้ แต่ทั้งนี้นักเรียนก็ยังไม่สามารถอธิบายเกี่ยวกับขั้นตอนการสร้างหรือทำลายแรงยึดเหนี่ยวได้เนื่องจากนักเรียนมีปัญหากับการระบุองค์ประกอบใดในแบบจำลองที่สำคัญต่อการนำมาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ จึงทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของพลังงานหรือสภาพตัวของสารกับการสร้างและทำลายแรงยึดเหนี่ยวได้ ซึ่งสอดคล้องกับ Zangori, Forbes & Schwarz (2015) ที่ระบุว่า นักเรียนยังคงมีปัญหาในการระบุองค์ประกอบใดในแบบจำลองที่มีความสำคัญต่อการนำเสนอหรือใช้ในการอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ

4) นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงปรากฏการณ์ในระดับมหภาคกับระดับจุลภาคได้ เนื่องจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับกระบวนการละลายเป็นแนวความคิดที่ใหม่สำหรับนักเรียนและนักเรียนยังมีมุมมองเกี่ยวกับกระบวนการละลายในระดับมหภาค โดยไม่สามารถเชื่อมโยงไปยังระดับจุลภาคได้ จึงทำให้บางครั้งมีการเลือกใช้แนวความคิดที่ไม่ถูกต้องมาสนับสนุนกระบวนการละลาย เช่น การใช้หลักการการเปลี่ยนสถานะของสารมาสนับสนุน ทั้งนี้เนื่องจากนักเรียนยังคงมีความเข้าใจปรากฏการณ์ในระดับมหภาค จึงทำให้มีแบบจำลองทางความคิดพื้นฐานที่คลาดเคลื่อน โดยยังมีความเข้าใจว่าการเปลี่ยนสถานะของสารคือการเปลี่ยนจากของแข็งเป็นของเหลวซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงในระดับมหภาค จึงส่งผลให้นักเรียนมีความเข้าใจว่ากระบวนการละลายของสารคือกระบวนการเปลี่ยนสถานะด้วยเหมือนกัน เพราะกระบวนการละลายถ้าเป็นการเปลี่ยนแปลงในระดับมหภาคนักเรียนก็จะเห็นสารเปลี่ยนจากสถานะของแข็งเป็นของเหลวเช่นกัน ซึ่งการที่นักเรียนมีแนวความคิดพื้นฐานที่คลาดเคลื่อนเนื่องจากยังคงมีความเข้าใจปรากฏการณ์ในระดับมหภาคที่ไม่สามารถเชื่อมโยงไปยังระดับจุลภาคได้ ก็จะทำให้นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้ไปยังปรากฏการณ์ที่จะต้องอธิบายได้และมีการแสดงแนวคิดที่คลาดเคลื่อน สอดคล้องกับงานวิจัยของ อนุพงศ์ ไพรศรี, ชาตรี ฝายคำตา และ วิทยา บัณสุวรรณ (2563) ที่ระบุว่า การให้นักเรียนเข้าใจการเปลี่ยนแปลงระดับมหภาคเพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอ จะต้องให้นักเรียนเชื่อมโยงการเปลี่ยนแปลงระดับอนุภาคได้ด้วย จะทำให้แบบจำลองทางความคิดชัดเจน และสามารถแก้ไขแบบจำลองทางความคิดที่คลาดเคลื่อนได้

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้หรือข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

1. ในการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายตามแบบจำลอง การออกแบบการเรียนรู้ต้องฝึกให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงการเปลี่ยนแปลงของสารได้ทั้งในระดับจุลภาคและระดับมหภาค โดยใช้ตัวแทนทางความคิดในหลากหลายรูปแบบ เช่น การใช้รูปภาพ การแสดงบทบาทสมมติ และสื่อคอมพิวเตอร์ต่าง ๆ มาเป็นตัวแทนในการอธิบายปรากฏการณ์ขึ้นอยู่กับลักษณะของเนื้อหา โดยเริ่มจากปรากฏการณ์ที่มีความเรียบง่ายไม่ซับซ้อนก่อน เพื่อให้นักเรียนมีความคุ้นชินกับการเชื่อมโยงปรากฏการณ์ในระดับจุลภาคและระดับมหภาค

2. ในการส่งเสริมให้นักเรียนสามารถใช้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์มาอธิบายสนับสนุนปรากฏการณ์ที่มีความซับซ้อน ควรมีการฝึกให้นักเรียนมีการวิเคราะห์ปรากฏการณ์โดยอาจใช้คำถามในการกระตุ้นนักเรียนให้เกิดการวิเคราะห์ เช่น ปรากฏการณ์เกี่ยวข้องกับอะไร มีกระบวนการย่อยอย่างไรบ้าง และเพราะเหตุใดปรากฏการณ์นี้จึงเกิดขึ้นได้ เพื่อให้นักเรียน

ฝึกตั้งคำถามและวิเคราะห์ปรากฏการณ์ จนกระทั่งนำไปสู่การอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติที่มีความซับซ้อนและสามารถระบุองค์ประกอบที่สำคัญต่อการอธิบายปรากฏการณ์และสามารถนำหลักการทางวิทยาศาสตร์มาสนับสนุนได้

ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป

1. ในการทำวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาความสามารถของนักเรียนในการสร้างคำอธิบายตามแบบจำลองซึ่งเหมาะสำหรับการใช้ในการสร้างคำอธิบายต่อปรากฏการณ์ที่มีลักษณะเป็นกลไกที่ซับซ้อน โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์มาสนับสนุนซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกับการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ในการวิจัยครั้งต่อไปผู้วิจัยอาจใช้การจัดการเรียน การสอนแบบสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการสร้างคำอธิบายตามแบบจำลองเพื่อพัฒนาการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้

2. ในการทำวิจัยในครั้งนี้เป็นการจัดการเรียนการสอนในรูปแบบออนไลน์จึงมีการให้นักเรียนใช้ Simulation และการวาดภาพเป็นเครื่องมือในการสืบเสาะหาความรู้และเป็นเครื่องมือในการอธิบายปรากฏการณ์ โดยไม่ได้มีการจัดกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้ทดลองสร้างแบบจำลองในลักษณะอื่น ดังนั้นในการทำวิจัยครั้งต่อไปควรให้ความสนใจกับการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สร้างแบบจำลองในหลากหลายรูปแบบ เพื่อศึกษาเกี่ยวกับลักษณะของแบบจำลองที่นักเรียนเลือกใช้ในการสร้าง

คำอธิบาย

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- กฤตกร สภาสันติกุล. (2559). ผลของกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอนที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. 11(1), 219-237. สืบค้นจาก <https://so01.tci-thaijo.org/index.php/OJED/article/view/82513/65586>
- พนิดา มีลา และร่มเกล้า อาจเดช. (2560). การสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ : การส่งเสริมการสร้างความหมายในชั้นเรียน. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 19 (3), 1-15. สืบค้นจาก https://so06.tci-thaijo.org/index.php/edujournal_nu/article/view/100839
- ลฎาภา สุทธกุล และ ลือชา ลดาชาติ. (2556). การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. *วารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร*, 21 (3), 107-123. สืบค้นจาก <http://www.journal.nu.ac.th/NUJST/article/view/541>
- ศิริบุญหา ทิริโอ. (2563). การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การหมุนเวียนสารในร่างกาย ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผ่านอุปกรณ์ไร้สายเคลื่อนที่. *การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 21*, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). *ผลการประเมิน PISA 2015 วิทยาศาสตร์ การอ่าน และคณิตศาสตร์*. กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(สสวท.).
- สุทธิชาติ เปรมกมล. (2558). *ผลของการใช้การสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารการศึกษา). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- อนุพงศ์ ไพธศรี, ชาตรี ฝ่ายคำตา และวิทยา บัณสุวรรณ. (2563). แบบจำลองทางความคิดเรื่องสมดุลเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 14(4), 178-191. สืบค้นจาก http://edu.msu.ac.th/journal/home/journal_file/742.pdf

- เอกภูมิ จันทรวงศ์, ญาณิศา ททรัพย์สิน และเยาวดี จันทรวงศ์. (2564). การพัฒนาความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิด เรื่อง สารละลายของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบอิงบริบท. *วารสารครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*, 49(4), 1-13. สืบค้นจาก <https://so02.tci-thaijo.org/index.php/EDUCU/article/view/253745/170568>
- Forbes, C. T., Zangori, L., & Schwarz, C. V. (2015). Empirical validation of integrated learning performances for hydrologic phenomena: 3rd-grade students' model-driven explanation-construction. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(7), 895-921. doi:<https://doi.org/10.1002/tea.21226>
- Forbus, K. D., Carney, K., Sherin, B. L., & Ureel li, L. C. (2005). VModel: A Visual Qualitative Modeling Environment for Middle-school Students. *AI Magazine*, 26(3), 63. doi:10.1609/aimag.v26i3.1826
- Gracia, J., Liem, J., Lozano, E., Corcho, O., Trna, M., Gómez-Pérez, A., & Bredeweg, B. (2010). *Semantic Techniques for Enabling Knowledge Reuse in Conceptual Modelling*, Berlin, Heidelberg.
- Next Generation Science Standards. (2013). *Appendix F – science and engineering practices in the NGSS*. Retrieved 28 April 2022, from <https://nap.nationalacademies.org/read/18290/chapter/12>
- Passmore, C., Stewart, J., & Cartier, J. (2009). Model-Based Inquiry and School Science: Creating Connections. *School Science and Mathematics*, 109(7), 394-402. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2009.tb17870.x>
- Portides, D. P. (2007). The Relation between Idealisation and Approximation in Scientific Model Construction. *Science & Education*, 16(7), 699-724. doi:10.1007/s11191-006-9001-6
- Romberg, T. A., Carpenter, T. P., & Kwako, J. (2005). Standards-based reform and teaching for understanding. In *Understanding mathematics and science matters* (pp. 3-27): Lawrence Erlbaum Associates.
- Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., . . . Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632-654. doi:<https://doi.org/10.1002/tea.20311>
- Windschitl, M., Thompson, J., & Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science Education*, 92(5), 941-967. doi:<https://doi.org/10.1002/sce.20259>
- Zangori, L., & Forbes, C. T. (2015). Exploring Third-Grade Student Model-Based Explanations about Plant Relationships within an Ecosystem. *International Journal of Science Education*, 37(18), 2942-2964. doi:10.1080/09500693.2015.1118772
- Zangori, L., & Forbes, C. T. (2016). Development of an Empirically Based Learning Performances Framework for Third-Grade Students' Model-Based Explanations About Plant Processes. *Science Education*, 100(6), 961-982. doi:<https://doi.org/10.1002/sce.21238>

Zangori, L., Forbes, C. T., & Schwarz, C. V. (2015). Exploring the Effect of Embedded Scaffolding Within Curricular Tasks on Third-Grade Students' Model-Based Explanations about Hydrologic Cycling. *Science & Education*, 24(7), 957-981. doi:10.1007/s11191-015-9771-9

แบบประเมินบทความวิจัย
การประชุมวิชาการระดับชาติ “การศึกษาเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ ครั้งที่ 6” ประจำปี 2565
วันศุกร์ที่ 27 พฤษภาคม 2565 (ผ่านระบบออนไลน์)

1. **ชื่อบทความ** : การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายตามแบบจำลองของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

2. **หัวข้อการประเมินบทความ**

รายการประเมิน	ผลการประเมิน			ข้อคิดเห็น/ข้อเสนอแนะ
	ผ่าน	ผ่านและแก้ไข	ไม่ผ่าน	
1. บทคัดย่อภาษาไทย	/			มีความเหมาะสมสอดคล้องตามวัตถุประสงค์
2. บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	/			มีความเหมาะสมสอดคล้องตามวัตถุประสงค์
3. บทนำ	/			เหมาะสม
4. วัตถุประสงค์การวิจัย	/			เหมาะสม
5. สมมติฐานการวิจัย (ถ้ามี)	/			-
6. วิธีดำเนินการวิจัย	/			ถูกต้องตามระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย
7. ผลการวิจัย	/			สอดคล้องตามวัตถุประสงค์
8. สรุปผลการวิจัย	/			สอดคล้องตามวัตถุประสงค์
9. อภิปรายผล	/			สอดคล้องตามวัตถุประสงค์
10. ข้อเสนอแนะ		/		ควรเพิ่มเติม สิ่งที่ค้นพบในการให้ข้อเสนอแนะผู้วิจัยได้นำไปศึกษาและพัฒนางานให้มีคุณภาพต่อไป
11. เอกสารอ้างอิง		/		ตรวจสอบตามรูปแบบ APA
12. องค์ความรู้ใหม่และคุณค่าทางวิชาการ	/			-

ผลการพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิ

- ☐ 1) บทความผ่านเกณฑ์
- ☐ 2) บทความผ่านเกณฑ์ แต่ต้องแก้ไขตามข้อเสนอแนะ
- ☐ 3) บทความไม่ผ่านเกณฑ์