โรงเรียนสตรีศึกษา
สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาร้อยเอ็ด

รายงานผลการวิจัยในชั้นเรียน

การพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง การหายใจระดับเซลล์

โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)

ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2569





ครูผู้สอน
นายวริศ จันทะสิงห์
ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการ

โรงเรียนสตรีศึกษา
สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาร้อยเอ็ด



รายงานผลการวิจัยในชั้นเรียน
การพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง การหายใจระดับเซลล์
โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

นายวริศ จันทะสิงห์

ตำแหน่ง ครู

โรงเรียนสตรีศึกษา

สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาร้อยเอ็ด

คำนำ

รายงานการวิจัยเรื่อง การพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง การหายใจระดับเซลล์ จัดทำขึ้นเพื่อพัฒนานักเรียนให้มีทักษะ ความรู้ และความเข้าใจในด้านการค้นคว้าหาข้อมูลใหม่ๆ ที่เป็นปัจจุบันและเป็นประโยชน์ต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ดียิ่งขึ้น ทั้งนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณท่านผู้อำนวยการจักรวาล เจริญทอง ที่ได้ให้การสนับสนุนอย่างมากในการทำงานวิจัยฉบับนี้ให้ออกมาอย่างสมบูรณ์โดยกรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแนวความคิดและช่วยให้กำลังใจตลอดระยะเวลาที่ทำงานวิจัยฉบับนี้ และสุดท้ายนี้ต้องขอขอบใจนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ทุกคน ที่ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยครั้งนี้ ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า การวิจัยเรื่องนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้อ่านเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาการเรียนการสอนด้านวิทยาศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น หากงานวิจัยฉบับนี้มีข้อบกพร่องประการใดผู้วิจัยขออภัยมา ณ ที่นี้

วริศ จันทะสิงห์
ผู้วิจัย

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทที่ 1 ที่มาและความสำคัญ	1
บทที่ 2 ทบทวนเอกสาร	3
บทที่ 3 วิธีวิจัย	13
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย	16
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	19
เอกสารอ้างอิง	20
ภาคผนวก	23

บทที่ 1

ที่มาและความสำคัญ

แนวคิดวิทยาศาสตร์เกิดขึ้นจากการรับรู้โลกหรือบริบทรอบตัวของนักเรียนโดยความรู้เดิม (Prior knowledge) มีอิทธิพลต่อการเรียนรู้เป็นอย่างมาก เมื่อความรู้เดิมของนักเรียนไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์นั้น ๆ ได้หรือความรู้เดิมไม่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ อาจเรียกได้ว่า นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อน (Misconception) (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2554)

หนึ่งในปัจจัยที่ส่งผลให้นักเรียนเกิดแนวคิดคลาดเคลื่อน เนื่องจากการรบกวนจากองค์ความรู้เดิม ความเชื่อ ภาษา การสื่อสารของครูผู้สอน และการจัดการเรียนรู้ (สสวท., 2551) เมื่อนักเรียนเกิดแนวคิดที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์เป็นผลให้การสร้างองค์ความรู้เกี่ยวกับเรื่องนั้น ๆ เป็นไปได้ยาก (Tyler, 2002)

ผู้วิจัยในฐานะครูผู้สอนในรายวิชา ชีววิทยา (ว30103) ระดับชั้นมัธยมศึกษา 4 มีประสบการณ์ การจัดการเรียนรู้ในเรื่องการหายใจระดับเซลล์ ที่ผ่านมา พบว่านักเรียนไม่สามารถระบุความสัมพันธ์ระหว่างขั้นตอนในกระบวนการหายใจระดับเซลล์ได้ ซึ่งเป็นความเข้าใจคลาดเคลื่อนที่ควรได้รับการแก้ไข เพื่อให้เกิดความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องและนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้ ต้องมีการเรียนรู้ให้เป็นวิทยาศาสตร์ กล่าวคือวิทยาศาสตร์เกิดจากการสืบเสาะหาความรู้ และตั้งข้อสันนิษฐานต่าง ๆ จากนั้น จึงค้นหารวบรวมหลักฐานต่าง ๆ เพื่อตรวจสอบข้อสันนิษฐาน แล้วจึงสรุปออกมาเป็นองค์ความรู้หรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (สสวท., 2551) โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) มีความสอดคล้องกับการหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งการจัดการเรียนรู้ชนิดนี้ประกอบด้วย 5 ขั้นหลัก ๆ ได้แก่ 1) ขั้นกระตุ้นความสนใจ 2) ขั้นการสำรวจค้นหา 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป 4) ขั้นขยายความรู้ 5) ขั้นประเมินผล โดยในทุกขั้นตอนดังกล่าวเป็นการสร้างองค์ความรู้ด้วยตัวนักเรียนเอง (Constructivism) กล่าวคือ นักเรียนได้เรียนรู้สร้างแนวคิดวิทยาศาสตร์ตนเองผ่านประสบการณ์และกระบวนการคิดอย่างลึกซึ้ง (Tobin, 1993)

จากที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยจึงสนใจการพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ผ่านการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ ในเรื่องการหายใจระดับเซลล์ เนื่องจากเนื้อหาเรื่องการหายใจระดับเซลล์ เป็นเนื้อหาที่ค่อนข้างซับซ้อน และเป็นนามธรรม ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เลือกวิดีทัศน์ที่เป็นรูปธรรม ในการทดลองกระบวนการหายใจระดับเซลล์ และให้นักเรียนนำเสนองานตามความเข้าใจของนักเรียน เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้สืบเสาะและสร้างความรู้ด้วยตนเอง และเกิดการเรียนรู้แบบมีความหมาย

คำถามวิจัย

1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ สามารถพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การหายใจระดับเซลล์ ได้หรือไม่อย่างไร

ขอบเขตการวิจัย

1. สถานที่ดำเนินการวิจัย คือ โรงเรียนสตรีศึกษา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาร้อยเอ็ด

2. กลุ่มศึกษา เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียน วิทย์-คณิต จำนวน 1 ห้องเรียน โดยมีนักเรียนทั้งสิ้น 40 คน เป็นชายจำนวน 7 คน และหญิง 33 คน

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย คือ เนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้การหายใจระดับเซลล์ โดยใช้เวลาในการทำวิจัย 4 คาบ ซึ่งมีการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน โดยไม่ใช้เวลาสองคาบที่ทำวิจัย

นิยามศัพท์เฉพาะ

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (สสวท., 2551) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนหลักได้แก่ 1) ขั้นกระตุ้นความ สนใจ ทำให้นักเรียนเกิดความสนใจในเนื้อหาที่จะเริ่มเรียน 2) ขั้นการสำรวจค้นหา สืบเสาะรวบรวมหลักฐานข้อมูลต่าง ๆ เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ใช้หลักฐานต่าง ๆ มาอธิบายและสรุปข้อมูล 4) ขั้นขยายความรู้ อธิบายความรู้เสริมนอกเหนือจากเนื้อหานั้น ๆ ขั้นนี้อาจทำโดยครูผู้สอน หรือนักเรียนก็ได้ 5) ขั้นประเมินผล ประเมินผลที่ได้จากการเรียนรู้

บทที่ 2

ทบทวนเอกสาร

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ สามารถพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องการหายใจระดับเซลล์ ได้หรือไม่อย่างไร ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าตรวจสอบเอกสารต่าง ๆ และนำมาเรียบเรียงตามลำดับดังนี้

1. แนวคิด
   - 1.1 นิยามของแนวคิด
   - 1.2 การสร้างแนวคิด
   - 1.3 การวัดแนวคิด
   - 1.4 การจัดกลุ่มแนวคิด

2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้
   - 2.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ
   - 2.2 ขั้นตอนในกระบวนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้
   - 2.3 รูปแบบการเรียนการสอนแบบ Inquiry Cycles

แนวคิด

นิยามของแนวคิด

แนวคิด หรือ มโนมติ มาจากศัพท์ภาษาอังกฤษว่า “Concept” เป็นความคิดความเข้าใจเกี่ยวกับวัตถุหรือปรากฏการณ์ ที่เกิดจากการได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้น ๆ (ภพ เลาหไพบูลย์, 2542 และ สุวิทย์ มูลคำ, 2547) แล้วเกิดการจัดกลุ่มหรือจัดประเภทของสิ่งต่าง ๆ เข้าไว้ด้วยกัน โดยใช้ลักษณะร่วมเป็นเกณฑ์ โดยบุคคลจะสามารถอธิบายลักษณะร่วมหรือแยกแยะลักษณะที่แตกต่างของสิ่งนั้น ๆ ได้ (สุวัฒก์ นิยมค้า, 2532 และ สุรางค์ โค้วตระกูล, 2544) โดยที่ความเข้าใจในสิ่งนั้น ๆ อาจจะเกิดจากหลากหลายรูปแบบทั้งจากการสังเกตและประสบการณ์แล้วนำมาประมวลผลให้ได้เป็นข้อสรุปออกมา (คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์วิทยาศาสตร์, 2525 อ้างใน ภพ เลาหไพบูลย์, 2542) นอกจากนั้นแนวคิดยังรวมไปถึงการเป็นตัวแทนของความคิด ภาพในใจ หรือความเข้าใจที่บุคคลสามารถสื่อหรือแสดงออกมาด้วยประโยคสั้น ๆ (Zirbel, 2004) มีการเชื่อมโยงของคำอธิบายอย่างง่ายเกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ ออกมาตามความเข้าใจของบุคคลเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่บุคคลเคยได้รับความรู้หรือประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้น ๆ ออกมาเป็นข้อสรุป (จิตตมาส สุขแสวง, 2549)

แนวคิดเป็นความคิดความเข้าใจต่อสิ่งต่าง ๆ รอบตัวที่ได้มาจากการใช้ประสาทสัมผัส การสังเกต การจัดหมวดหมู่ การเชื่อมโยงกันอย่างเป็นเหตุเป็นผล โดยผ่านกระบวนการเรียนรู้และประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย ซึ่งความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งนั้น ๆ จะแตกต่างไปตามประสบการณ์ของแต่ละบุคคล (ภพ เลาหไพบูลย์, 2540 และ ปิยะนัฐ นันทการณ์, 2551)

โดยสรุปแล้วแนวคิด หมายถึง ความคิดความเข้าใจเกี่ยวกับวัตถุหรือปรากฏการณ์ ที่เกิดจากการได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้น ๆ แล้วเกิดการจัดกลุ่มหรือจัดประเภทของสิ่งต่าง ๆ เข้าไว้ด้วยกัน โดยใช้ลักษณะร่วมเป็นเกณฑ์ โดยบุคคลจะสามารถอธิบายลักษณะร่วมหรือแยกแยะลักษณะที่แตกต่างของสิ่งนั้น ๆ และมีการเชื่อมโยงของคำอธิบายอย่างง่ายเกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ ออกมาตามความเข้าใจของบุคคลเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่บุคคลเคยได้รับความรู้หรือประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้น ๆ ออกมาเป็นข้อสรุปได้

การสร้างแนวคิด

การสร้างแนวคิดมีความสอดคล้องกับทฤษฎีพัฒนาการของเพียเจต์ ที่เชื่อว่ามนุษย์มีพัฒนาการทางสติปัญญาเป็น 4 ลำดับขั้น ซึ่งมีความแตกต่างตามอายุและกลุ่มคน ซึ่งมนุษย์แต่ละคนนั้นจะสู่ลำดับขั้นของการพัฒนาแตกต่างกันออกไปขึ้นกับอิทธิพลทางพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อม โดยพัฒนาการทางสติปัญญาทั้ง 4 ลำดับขั้น มีดังนี้ (ทิศนา แขมมณี , 2545)

1. ขั้นรับรู้ด้วยประสาทสัมผัส (Sensorimotor stage) จะพบในเด็กอายุระหว่างแรกเกิด ถึง 2 ปี โดยในขั้นนี้เด็กจะยึดตนเองเป็นศูนย์กลาง ไม่สามารถเข้าใจความรู้สึกนึกคิดของผู้อื่น โดยความคิดของเด็กนั้นจะขึ้นกับการรับรู้และการกระทำ

2. ขั้นก่อนปฏิบัติการคิด (Preoperational stage) โดยขั้นนี้จะพบในเด็กที่มีอายุระหว่าง 2 ถึง 7 ปี ความคิดจะยังขึ้นตรงกับความรู้สึกไม่สามารถใช้เหตุผลอย่างลึกซึ้งได้ แต่สามารถเกิดการเรียนรู้โดยใช้สัญลักษณ์ได้ ซึ่งสามารถแบ่งย่อยได้เป็น 2 ขั้นคือ ขั้นก่อนคิดรวบยอด (Preconceptual stage) และขั้นการคิดด้วยความเข้าใจของตนเอง (Intuitive stage)

3. ขั้นการคิดแบบรูปธรรม (Stage of concrete operation) อยู่ในเด็กที่อยู่ในช่วงอายุระหว่าง 7 ถึง 11 ปี เด็กในวัยนี้จะสามารถจะสร้างภาพในใจและเกิดกระบวนการคิดย้อนกลับได้ สามารถอธิบายถึงความสัมพันธ์ของสิ่งต่างและตัวเลขได้

4. ขั้นคิดแบบนามธรรม (Stage of formal operation) อยู่ในเด็กที่อยู่ในช่วงอายุระหว่าง 11 ถึง 15 ปี โดยในวัยนี้จะสามารถคิดและหาเหตุผลในสิ่งที่เป็นนามธรรมได้ รวมไปถึงสามารถใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหาและสามารถตั้งสมมติฐานได้

การสร้างแนวคิดจะขึ้นกับพัฒนาการของเด็กในแต่ละช่วงวัย ซึ่งจะมีการสร้างที่แตกต่างกันทั้งจากการเชื่อมโยงความรู้หรือประสบการณ์เดิมที่มีอยู่กับความรู้ใหม่ที่เกิดขึ้น หรือจะเป็นการปรับเปลี่ยนและเกิดการยอมรับแนวคิดที่ถูกต้อง ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (ทิศนา แขมมณี, 2545 และ สุมาลี ชัยเจริญ, 2545) ที่บ่งบอกไว้ว่าแต่ละบุคคลนั้นจะมีโครงสร้างทางปัญญาของตนเองที่สร้างขึ้นจากประสบการณ์หรือการอธิบายปรากฏการณ์ที่เคยพบเจอมา (ไพจิตร สดวกการ, 2543) เมื่อบุคคลพบว่าโครงสร้างทางปัญญาเดิมของตนเองไม่สามารถใช้อธิบายได้ ก็จะเกิดการปรับให้สอดคล้องกับประสบการณ์หรือความรู้ใหม่ เกิดเป็นโครงสร้างทางปัญญาใหม่ขึ้นมา (ทิศนา แขมมณี, 2545 และ สุมาลี ชัยเจริญ, 2545)

นอกจากนั้นแต่ละบุคคลยังสามารถสร้างแนวคิดจากกระบวนการทางสังคมได้ ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีพัฒนาการของวิก็อทสกี้ โดยแต่ละคนจะมีขอบเขตของการเรียนรู้ (Zone of Proximal Development; ZPD) ของตนเอง เป็นระยะระหว่างระดับพัฒนาการทางที่เป็นอยู่กับระดับศักยภาพของพัฒนาการ ซึ่งเป็นระยะที่บุคคลไม่สามารถกระทำการให้สำเร็จได้เพียงลำพัง จำเป็นจะต้องได้รับการช่วยเหลือจากผู้อื่น หากบุคคลได้รับการช่วยเหลือจนสามารถก้าวข้ามผ่านระยะนี้ไปได้ ก็จะสามารถเกิดกระบวนการเรียนรู้และเกิดการสร้างแนวคิดขึ้นได้ (สุรางค์ โค้วตระกูล, 2552)

การวัดแนวคิด

ในการวัดแนวคิดของนักเรียนนั้น จากการศึกษาพบว่ามีการใช้วิธีการหรือเครื่องมือที่หลากหลาย เช่น การสัมภาษณ์ การใช้แบบวัดแนวคิดชนิดตัวเลือก 2 ระดับ การใช้แบบวัดแนวคิดชนิดคำถามปลายเปิด ซึ่งการวัดแนวคิดแต่ละแบบต่างก็มีทั้งข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกัน รวมไปถึงลักษณะวิธีการและกระบวนการวัดที่แตกต่างกัน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. การสัมภาษณ์

เป็นวิธีการในการสำรวจแนวคิดที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย สามารถให้ข้อมูลได้ในเชิงลึก ซึ่งมีรูปแบบของการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้ให้ข้อมูลกับผู้เก็บข้อมูล โดยผู้ให้ข้อมูลจะตอบคำถามตามที่ผู้เก็บข้อมูลถามซึ่งมีวัตถุประสงค์และมีจุดมุ่งหมายของการสนทนาที่แน่นอน ซึ่งคำถามนั้นสามารถปรับและยืดหยุ่นได้ตามสถานการณ์เพื่อให้ได้ข้อมูลในเชิงลึกมาเพิ่มเติม (วรรณทิพา รอดแรงค้า, 2540 และ สุภางค์ จันทวานิช, 2557) การสัมภาษณ์แบ่งได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

1.1 การสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง เป็นการสัมภาษณ์ที่มีการกำหนดกรอบของการสัมภาษณ์อย่างชัดเจน ผู้รับการสัมภาษณ์ทุกคนจะได้รับการถามคำถามเดียวกัน เพื่อให้เกิดความเป็นปรนัยมากที่สุด

1.2 การสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง เป็นการสัมภาษณ์ที่มีการกำหนดประเด็นของการสัมภาษณ์ขึ้นมาอย่างชัดเจน และผู้สัมภาษณ์สามารถเพิ่มคำถามขึ้นมาได้เองเมื่อได้รับคำตอบจากผู้ให้ข้อมูล เพื่อให้การเก็บข้อมูลได้ข้อมูลที่มีลักษณะเชิงลึกมากยิ่งขึ้น ซึ่งผู้ให้ข้อมูลแต่ละคนอาจจะได้รับข้อคำถามที่แตกต่างกันออกไปแต่ยังคงอยู่ในขอบเขตของประเด็นเดียวกัน

1.3 การสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้าง เป็นการสัมภาษณ์ที่มีการกำหนดเพียงวัตถุประสงค์ของการสัมภาษณ์เอาไว้ ซึ่งในการสัมภาษณ์นั้นจะมีข้อคำถามเป็นไปตามสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในบริบทนั้น ๆ โดยข้อมูลมักแสดงไปถึงความเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นไม่ว่าจะเป็นสถานการณ์ ความเชื่อ หรือค่านิยม

มีงานวิจัยที่ได้ใช้การสัมภาษณ์ในการตรวจสอบแนวคิดของนักเรียน เช่น Adadan (2013) ได้ให้นักเรียนที่มีการตอบคำถามที่ไม่ชัดเจนในแบบทดสอบหลังเรียนในเรื่องทฤษฎีอนุภาค มาเข้ารับการสัมภาษณ์ด้วยคำถามเดียวกันกับที่อยู่ในแบบทดสอบเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ชัดเจนและเชิงลึกมากขึ้น หรือ Chang (2007) ที่

ทำการสำรวจแนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียนในเรื่อง น้ำตาลในเลือดกับการรักษาดุลยภาพของร่างกาย ซึ่งมีการปรับคำถามระหว่างการสัมภาษณ์เพื่อให้นักเรียนได้อธิบายแนวคิดของนักเรียนออกมาให้ได้มากที่สุด

2. แบบวัดแนวคิดชนิดเลือกตอบ

เป็นแบบวัดแนวคิดที่มีลักษณะเป็นตัวเลือกให้ทำการเลือกตอบโดยให้เลือกคำตอบเพียงคำตอบเดียว มีส่วนประกอบสำคัญคือข้อคำถามและตัวเลือกคำตอบ ซึ่งอาจจะเป็นชนิดเลือกตอบแบบ 2 3 4 ตัวเลือกหรือมากกว่า นอกจากนั้นยังรวมไปถึงแบบวัดถูกผิดหรือจับคู่อีกด้วย ซึ่งแบบวัดแนวคิดชนิดเลือกตอบนั้นมีหลายแบบ ประกอบด้วย แบบวัดที่มีตัวเลือกหลายคำตอบแบบธรรมดา (Multiple choice test) เป็นแบบวัดที่มีข้อคำถามและมีคำตอบมาให้เลือกข้อที่คิดว่าถูกต้องเหมาะสม ซึ่งมีความเป็นปรนัยค่อนข้างสูง แต่แบบวัดชนิดนี้นั้นง่ายต่อการตอบของนักเรียนเกินไป บางครั้งนักเรียนอาจจะตอบถูกโดยที่ไม่ได้เกิดจากความเข้าใจ จึงเกิดการพัฒนาขึ้นเป็นแบบวัดแนวคิดชนิดเลือกตอบแบบสองชั้น (Two-tier diagnostic test) ซึ่งแบบวัดแนวคิดชนิดนี้จะประกอบด้วยสองส่วน ส่วนแรกจะเป็นข้อคำถามและตัวเลือก และส่วนที่สองจะเป็นการให้นักเรียนได้เลือกตอบแสดงเหตุผลหรือเขียนอธิบายเหตุผลของการเลือกคำตอบในส่วนแรกได้อย่างอิสระ ซึ่งทำให้สามารถวัดการใช้เหตุผลและแนวคิดคลาดเคลื่อนได้อีกด้วย (สสวท., 2546 และ Tsui and Treagust, 2010) เช่น Tsui and Treagust (2010) ที่ได้พัฒนาแบบวัดแนวคิดเลือกตอบแบบสองชั้นขึ้นมาเพื่อวัดแนวคิดของนักเรียนในหน่วยพันธุศาสตร์ หรือ Adadan and Savasci (2012) ที่ได้นำแบบวัดแนวคิดเลือกตอบแบบสองชั้นมาใช้ในการวัดแนวคิดในเรื่อง สารละลาย โดยส่วนแรกจะเป็นการเลือกตอบเพื่อวัดแนวคิดของนักเรียนในเรื่องนั้น ๆ และส่วนที่สองจะเป็นเหตุผลให้นักเรียนได้เลือกตอบ นอกจากนั้น วิไลพร แซ่ลิ้ม (2558) ได้ใช้แบบวัดแนวคิดแบบเลือกตอบสองชั้นในการวัดแนวคิดในเรื่อง เคมีพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต โดยส่วนแรกเป็นการเลือกตอบเพื่อวัดแนวคิดของนักเรียนและส่วนที่สองเป็นบริเวณที่เว้นว่างไว้เพื่อให้นักเรียนได้แสดงเหตุผลของการตอบในข้อนั้น ๆ

3. แบบวัดแนวคิดชนิดคำถามปลายเปิด

เป็นแบบวัดแนวคิดที่มีลักษณะเป็นข้อคำถามและช่องว่างเพื่อให้นักเรียนสามารถตอบคำถามได้อย่างอิสระ สามารถวัดแนวคิดของนักเรียนได้ในเชิงลึกตามที่นักเรียนเข้าใจ ในด้านคำตอบนั้นค่อนข้างจะมีคำตอบที่หลากหลายซึ่งอาจทำให้เกิดความไม่ชัดเจนของคำตอบและทำให้ตีความคำตอบได้ยาก ในการใช้แบบวัดชนิดนี้จึงนิยมใช้ควบคู่กับการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างเพื่อให้ผู้เก็บข้อมูลสามารถทราบรายละเอียดของคำตอบได้ชัดเจนยิ่งขึ้น และด้วยเหตุผลที่ว่าแบบวัดชนิดนี้ค่อนข้างมีคำตอบที่หลากหลายผู้วิจัยจึงต้องมีการกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนที่ชัดเจนและบอกรายละเอียดเกี่ยวกับเกณฑ์ต่าง ๆ ให้นักเรียนทราบด้วย (สสวท, 2546; Barak and Hussein-Farraj, 2012 และ สุรางค์ โค้วตระกูล, 2556) เช่น พอรินทร์ พุกพูนธนพัฒน์ (2555) ทำการสำรวจแนวคิดของนักเรียนในเรื่องยีนและโครโมโซม โดยใช้แบบวัดแนวคิดชนิดคำถามปลายเปิดเพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นเชิงลึกมากยิ่งขึ้น หรือ สุรเดช ศรีทา (2554) ที่ได้ใช้แบบวัดแนวคิดชนิดคำถามปลายเปิดในเรื่อง ระบบหมุนเวียนโลหิต เพื่อต้องการให้นักเรียนได้ตอบคำถามและแสดงทัศนะออกมาอย่างอิสระ

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้แบบวัดแนวคิดชนิดคำถามปลายเปิด มาใช้ในการวัดแนวคิดของนักเรียนในเรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีการแสดงความคิดเห็นและแสดงถึงความรู้ความเข้าใจในแนวคิดออกมาได้อย่างอิสระ ซึ่งจะทำให้ได้ข้อมูลที่ละเอียดลึกซึ้ง นอกจากนี้ยังใช้การสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างร่วมด้วย เพื่อเก็บข้อมูลเพิ่มเติมในกรณีที่คำตอบของนักเรียนยังมีความคลุมเครือ โดยการสัมภาษณ์จะให้นักเรียนทำการอธิบายแนวคิดของนักเรียนในข้อคำถามนั้น ๆ จนกว่าจะแน่ใจว่านักเรียนต้องการที่จะสื่อความหมายถึงสิ่งใด เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

การจัดกลุ่มแนวคิด

จากการศึกษางานวิจัยก่อนหน้าพบว่ามีนักการศึกษาได้เสนอวิธีการจัดกลุ่มแนวคิดไว้หลากหลายแนวทาง สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ การจัดกลุ่มแนวคิดแบบ 4 กลุ่ม การจัดกลุ่มแนวคิดแบบ 5 กลุ่ม และการจัดกลุ่มแนวคิดแบบ 6 กลุ่ม ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 1 การจัดกลุ่มแนวคิด

รูปแบบการจัดกลุ่มแนวคิด	**รายละเอียด**
การจัดกลุ่มแนวคิดแบบ 4 กลุ่มของ Brickhouse *et al*. (2000)	1. แนวคิดที่ถูกต้อง (Sound Understanding) คำตอบของนักเรียนแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ถูกต้องทั้งหมด 2. แนวคิดที่ถูกต้องบางส่วน (Partial Understanding) คำตอบของนักเรียนแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ 3. แนวคิดที่คลาดเคลื่อน (Limited Understanding) คำตอบของนักเรียนมีบางส่วนที่มีแนวคิดที่ถูกต้องและบางส่วนมีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ 4. แนวคิดที่ไม่ถูกต้อง (Misunderstanding) คำตอบของนักเรียนแสดงให้เห็นถึงความไม่เข้าใจในแนวคิดนั้น ๆ
การจัดกลุ่มแนวคิดแบบ 5 กลุ่มของ Haidar (1997)	1. แนวคิดวิทยาศาสตร์ (Sound Understanding: SU) คำตอบของนักเรียนแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ 2. แนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU) คำตอบของนักเรียนสอดคล้องตามแนวคิดวิทยาศาสตร์อย่างน้อยหนึ่งองค์ประกอบ

ตารางที่ 1 (ต่อ)

รูปแบบการจัดกลุ่มแนวคิด	รายละเอียด
	3. แนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Misconception: PUSM) คำตอบของนักเรียนสอดคล้องตามแนวคิดวิทยาศาสตร์อย่างน้อยหนึ่งองค์ประกอบและบางองค์ประกอบมีแนวคิดไม่ถูกต้องตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ 4. แนวคิดคลาดเคลื่อน (Specific Misconception: SM) คำตอบของนักเรียนทุกคำตอบไม่ถูกต้องตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ 5. ไม่มีแนวคิด (No Understanding: NU) คำตอบของนักเรียนไม่เกี่ยวข้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ในเรื่องที่ถาม หรือตอบว่าไม่ทราบ ไม่เข้าใจ หรือไม่มีการตอบคำถาม
การจัดกลุ่มแนวคิดแบบ 6 กลุ่มของ Abraham *et al*. (1992)	1. แนวคิดถูกต้อง (Sound understanding) คำตอบของนักเรียนแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ทุกองค์ประกอบ 2. แนวคิดถูกต้องแบบไม่สมบูรณ์ (Partial understanding) คำตอบของนักเรียนสอดคล้องตามแนวคิดวิทยาศาสตร์อย่างน้อยหนึ่งองค์ประกอบและไม่พบแนวคิดที่ไม่ตรงกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ 3. แนวคิดถูกต้องแบบไม่สมบูรณ์และมีแนวคิดคลาดเคลื่อน (Partial understanding with specific misconception) คำตอบของนักเรียนมีองค์ประกอบบางส่วนถูกต้องตามแนวคิดวิทยาศาสตร์และมีบางส่วนไม่ตรงตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ 4. แนวคิดไม่ถูกต้อง (Specific misconception) คำตอบของนักเรียนไม่มีองค์ประกอบใด ๆ ที่ตรงตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ 5. ไม่มีแนวคิด (No understanding) คำตอบที่ทวนคำถาม ไม่มีการอธิบายที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ 6. ไม่มีคำตอบ (No response) นักเรียนตอบว่าไม่ทราบ หรือไม่มีการตอบคำถาม

วิธีการจัดกลุ่มแนวคิดที่นักการศึกษาหลายท่านได้เสนอมาส่วนใหญ่จะมีวิธีการจัดกลุ่มแนวคิดที่คล้ายคลึงกัน จากการศึกษาผู้วิจัยจึงเลือกใช้การจัดกลุ่มแนวคิดแบบ 5 กลุ่มของ Haidar (1997) ในงานวิจัยนี้ เนื่องจากสามารถจำแนกกลุ่มแนวคิดได้ละเอียดและครอบคลุมมากกว่าการจัดกลุ่มแนวคิดแบบ 4 กลุ่ม เพราะได้มีการเพิ่มการจัดกลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific misconception: PUSM) ขึ้นมา นอกจาก

การจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้

ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ

การสืบเสาะหาความรู้เป็นแนวคิดที่มีความซับซ้อนและมีความหมายแตกต่างกันไปตามบริบทที่ใช้และผู้ที่ให้คำจำกัดความ โดยศูนย์กลางของการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้นั้น มีต้นกำเนิดจากนักวิทยาศาสตร์ ครู และ นักเรียน (Budnitz, 2003)

การสืบเสาะหาความรู้ เป็นรูปแบบการเรียนการสอนที่ใช้ตามทฤษฎีการสร้างความรู้ (Constructivism) ซึ่งกล่าวไว้ว่าเป็นกระบวนการที่นักเรียนจะต้องสืบค้น เสาะหา สำรวจตรวจสอบ และค้นคว้าด้วยวิธีการต่างๆ จนทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจ และ เกิดการรับรู้ความรู้นั้นอย่างมีความหมาย จึงจะสามารถสร้างเป็นองค์ความรู้ของนักเรียนเอง และเก็บเป็นข้อมูลไว้ในสมองได้อย่างยาวนาน สามารถนำมาใช้ได้เมื่อมีสถานการณ์ใดๆ มาเผชิญหน้า (สาขาชีววิทยา สสวท., 2550)

การสืบเสาะหาความรู้ คือ การถามคำถามที่สงสัยและเป็นปัญหา ที่สามารถสืบค้นหาคำตอบได้และสื่อสารคำตอบออกมาได้ (คณะศึกษานิเทศก์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ กลุ่มนิเทศ ติดตามและประเมินผลการ จัดการศึกษา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามหาสารคาม เขต 1, 2549; Budnitz, 2003; และ Wikipedia, 2007)

การสืบเสาะหาความรู้ เกี่ยวข้องกับกระบวนการเรียนรู้ที่หลากหลาย คือ การถามคำถาม ออกแบบการสำรวจข้อมูลการสำรวจข้อมูล การวิเคราะห์ การสรุปผล การคิดค้นประดิษฐ์ การแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและสื่อสารคำอธิบาย (Wu & Hsieh, 2006)

การสืบเสาะหาความรู้เป็นกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ศึกษาอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติซึ่งวางอยู่บนพื้นฐาน ของหลักฐานหรือเหตุผลต่างๆ และอีกความหมายคือเป็นกระบวนการที่นักเรียนใช้ในการค้นคว้า หาคำตอบอย่างมีระบบเพื่ออธิบายเหตุการณ์ต่างๆ ที่ต้องการศึกษากระบวนการสืบเสาะหาความรู้ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ในการจัดการเรียนการสอน ผู้สอนสามารถเลือกจัดให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ผ่านกระบวนการต่างๆ ในการสืบเสาะหาความรู้ตามบริบทของผู้สอน ผู้เรียน โรงเรียน และแหล่งการเรียนรู้ที่มีอยู่ตามความเหมาะสมโดยครูเป็นผู้สนับสนุนให้นักเรียนได้สำรวจปรากฏการณ์ต่างๆและกระตุ้นให้นักเรียนสร้างความเข้าใจ ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง (Hogan & Berkowitz, 2000)

ขั้นตอนที่สำคัญ กระบวนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเอง หรือเกิดจากการอภิปรายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่อง ที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้มาแล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษาในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นใดน่าสนใจ ครูอาจให้ศึกษาจากสื่อต่างๆ หรือเป็นผู้กระตุ้น ด้วยการเสนอประเด็นขึ้นมาก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียน

ยอมรับประเด็นหรือคำถามที่ครูกำลังสนใจเป็นเรื่องที่จะใช้ศึกษา เมื่อมีคำถามที่น่าสนใจ และนักเรียนส่วนใหญ่ยอมรับให้เป็นประเด็น ที่ต้องการศึกษาจึงร่วมกันกำหนดขอบเขตและแจกแจงรายละเอียดของเรื่องที่จะศึกษาให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น อาจรวมทั้งการรวบรวมความรู้ประสบการณ์เดิม หรือความรู้จากแหล่งต่างๆ ที่จะช่วยให้นำไปสู่ความเข้าใจเรื่อง หรือประเด็นที่จะศึกษามากขึ้น และมีแนวทางที่ใช้ในการสำรวจตรวจสอบอย่างหลากหลาย

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (exploration) เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว ก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง (simulation) การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (explanation) เมื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้ว จึงนำข้อมูล ข้อสนเทศที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปต่างๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือวาดรูป สร้างตาราง ฯลฯ การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้โต้แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ได้กำหนดไว้ แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

4. ขั้นขยายความรู้ (elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติมหรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่างๆ ได้มาก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อย ซึ่งก็จะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องต่างๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

5. ขั้นประเมิน (evaluation)เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่างๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไรและมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่นๆ การนำความรู้หรือแบบจำลองไปใช้อธิบายหรือประยุกต์ใช้กับเหตุการณ์หรือเรื่องอื่นๆ จะนำไปสู่ข้อโต้แย้งหรือข้อจำกัดซึ่งก่อให้เป็นประเด็นหรือคำถาม หรือปัญหาที่จะต้องสำรวจตรวจสอบต่อไป ทำให้เกิดเป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องกันไปเรื่อยๆ จึงเรียกว่า inquiry cycle กระบวนการสืบเสาะหาความรู้จึงช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ทั้งเนื้อหาหลัก และหลักการ ทฤษฎี ตลอดจนการลงมือปฏิบัติเพื่อให้ได้ความรู้ซึ่งจะเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้ต่อไป

รูปแบบการเรียนการสอนแบบ Inquiry Cycles (5Es)

นักการศึกษากลุ่ม BSCS (Biological Science Curriculum Study) ได้นำวิธีการสอนแบบ Inquiry มาใช้ในการพัฒนาหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์ โดยเสนอขั้นตอนในการเรียนการสอนเป็น 5 ขั้นตอน เรียกว่า การเรียนการสอนแบบ Inquiry Cycle หรือ 5Es ได้แก่ Engage Explore Explain Elaborate และ Evaluate กระบวนการเรียนการสอน ในแต่ละขั้นตอนการสอน ของรูปแบบการเรียนการสอนแบบ Inquiry Cycle (5Es) ซึ่งมีขอบข่ายรายละเอียด ดังนี้

1. การสร้างความสนใจ (Engage) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ

ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัยหรือความสนใจของตัวนักเรียนเอง หรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนมารู้มาแล้วเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา ในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นใดน่าสนใจ ครูอาจจะจัด กิจกรรมหรือสถานการณ์เพื่อกระตุ้น ยั่วยุ หรือท้าทายให้นักเรียนตื่นเต้น สงสัย อยากรู้อยากเห็น หรือขัดแย้ง เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา การศึกษา ค้นคว้า หรือการทดลอง แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นหรือปัญหาที่ครูกำลังสนใจ เป็นเรื่องที่จะศึกษา ทำได้หลายแบบ เช่น สาธิต ทดลอง นำเสนอข้อมูล เล่าเรื่อง/เหตุการณ์ ให้ค้นคว้า/อ่านเรื่อง อภิปราย/พูดคุย สนทนา ใช้เกม ใช้สื่อ วัสดุอุปกรณ์ สร้างสถานการณ์/ปัญหาที่น่าสนใจ ที่น่าสงสัยแปลกใจ

2. การสำรวจและค้นคว้า (Explore) นักเรียนดำเนินการสำรวจ ทดลอง ค้นหา

และรวบรวมข้อมูล วางแผนกำหนดการสำรวจตรวจสอบ หรือออกแบบการทดลอง ลงมือปฏิบัติ เช่น สังเกต วัด ทดลอง รวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศ หรือปรากฏการณ์ต่างๆ

3. การอธิบาย (Explain) นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจและค้นหา

มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปและอภิปราย พร้อมทั้งนำเสนอผลงานในรูปแบบต่างๆ ซึ่งอาจเป็นรูปวาด ตาราง แผนผัง ผลงานมีความหลากหลาย สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือโต้แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่กำหนดไว้ โดยมีการอ้างอิงความรู้ประกอบการให้สมเหตุสมผล การลงข้อสรุปถูกต้องเชื่อถือได้ มีเอกสารอ้างอิงและหลักฐานชัดเจน

4. การขยายความรู้ (Elaborate)

4.1 ครูจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ลึกซึ้งขึ้น หรือขยายกรอบความคิดกว้างขึ้นหรือเชื่อมโยงความรู้เดิมสู่ความรู้ใหม่หรือนำไปสู่การศึกษาค้นคว้า ทดลอง เพิ่มขึ้น เช่น ตั้งประเด็นเพื่อให้นักเรียน ชี้แจงหรือร่วมอภิปรายแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติมให้ชัดเจนยิ่งขึ้น ซักถามให้นักเรียนชัดเจนหรือกระจ่างในความรู้ที่ได้หรือเชื่อมโยงความรู้ที่ได้กับความรู้เดิม

4.2 นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม เช่น อธิบายและขยายความรู้เพิ่มเติมมีความละเอียดมากขึ้น ยกสถานการณ์ ตัวอย่าง อธิบายเชื่อมโยงความรู้ที่ได้เป็นระบบและลึกซึ้งยิ่งขึ้น หรือสมบูรณ์ละเอียดขึ้น นำไปสู่ความรู้ใหม่หรือความรู้ที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้น ประยุกต์ความรู้ที่ได้ไปใช้ในเรื่องอื่นหรือสถานการณ์อื่นๆ หรือสร้างคำถามใหม่และออกแบบการสำรวจ ค้นหา และรวบรวมเพื่อนำไปสู่การสร้างความรู้ใหม่

5. การประเมิน (Evaluate)

5.1 นักเรียนระบุสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ทั้งด้านกระบวนการและผลผลิต

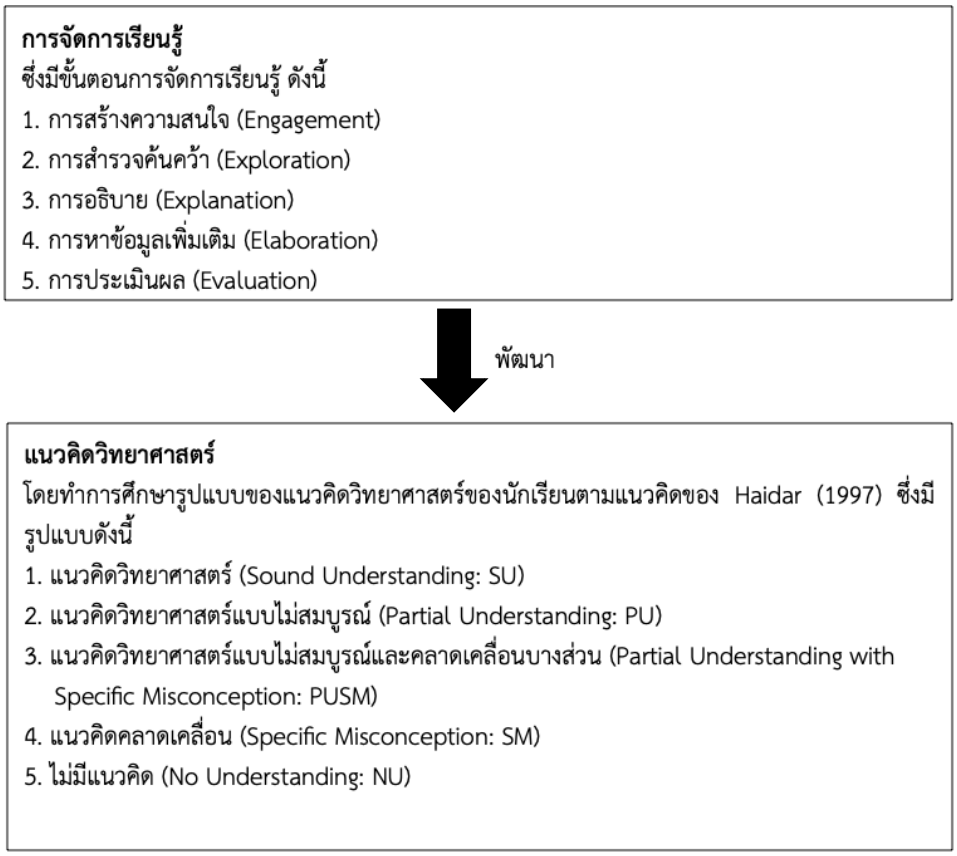
5.2 นักเรียนตรวจสอบความถูกต้องของความรู้ที่ได้ เช่น วิเคราะห์วิจารณ์แลกเปลี่ยน

ความรู้ซึ่งกันและกัน คิดพิจารณาให้รอบคอบทั้งกระบวนการและผลงาน อภิปราย ประเมินปรับปรุง เพิ่มเติม และสรุป ถ้ายังมีปัญหา ให้ศึกษาทบทวนใหม่อีกครั้ง อ้างอิงทฤษฎีหรือหลักการและเกณฑ์ เปรียบเทียบผลกับสมมติฐาน เปรียบเทียบความรู้ใหม่กับความรู้เดิม

5.3 นักเรียนทราบจุดเด่น จุดด้อยในการศึกษาค้นคว้า หรือทดลองการพัฒนารูปแบบการจัดกระบวนการเรียนรู้โดยวิธีการสืบเสาะและสืบสวนหาความรู้

กรอบแนวคิดการวิจัย

จากการตรวจสอบเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในเรื่องแนวคิดวิทยาศาสตร์ และการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ สามารถสร้างเป็นกรอบแนวคิดการวิจัยได้ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดงานวิจัย

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

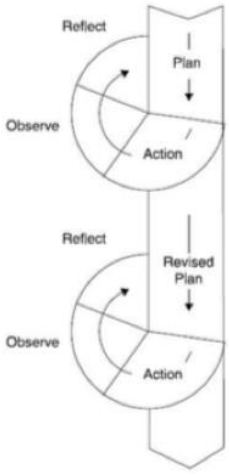
งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ สามารถพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การหายใจระดับเซลล์ ได้หรือไม่อย่างไร ซึ่งผู้วิจัยได้มีวิธีวิจัยดังรายละเอียดต่อไปนี้

กลุ่มที่ศึกษา

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 1 ห้องเรียน ทั้งสิ้น 40 คน ประกอบด้วยนักเรียนชาย 7 คน และนักเรียนหญิง 33 คน เป็นห้องเรียนที่ผู้วิจัยมีหน้าที่รับผิดชอบในการจัดการเรียนรู้ในรายวิชากายวิภาคศาสตร์และสรีรวิทยาของพืชโดยนักเรียนในห้องนี้เป็นนักเรียนที่มีความเป็นเลิศทางด้านวิชาการโดยเฉพาะในวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ และยังมีความประพฤติดี มีความรับผิดชอบสามารถทำงานที่ได้รับมอบหมายได้อย่างมีคุณภาพ

รูปแบบการวิจัย

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เลือกทำการวิจัยในรูปแบบของวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (classroom action research) เป็นการวิจัยที่ทำการศึกษาโดยครูที่ปฏิบัติการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน เพื่อค้นหาแนวทางแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนทั้งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และปัญหาที่พบในนักเรียน โดยผลการศึกษาที่ได้จะนำมาใช้ในการปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ของตนเองและพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียน โดยมีการเก็บข้อมูลทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ โดยใช้เครื่องมือที่หลากหลายในการเก็บรวบรวมข้อมูล งานวิจัยนี้ดำเนินการโดยใช้กรอบแนวคิดและหลักการของการทำวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนของ Kemmis and McTaggart (1998)



ภาพที่ 2 วงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติการ Kemmis and Mctaggart (1998)

เครื่องมือที่ใช้และการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในครั้งนี้ประกอบด้วย แบบวัดแนวคิด เรื่อง การหายใจระดับเซลล์ บันทึกภาคสนามการสังเกตการปฏิบัติการจัดการเรียนรู้ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

แบบวัดแนวคิด เรื่อง การหายใจระดับเซลล์

แบบวัดแนวคิด เรื่อง การหายใจระดับเซลล์ เป็นแบบวัดแนวคิดชนิดคำถามปลายเปิด โดยวัดแนวคิดของนักเรียนในเรื่อง การหายใจระดับเซลล์ นอกจากนั้นฉันยังได้ใช้การสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างร่วมด้วยในกรณีที่พบว่าคำตอบของนักเรียนนั้นยังมีความคลุมเครืออยู่ โดยจะเป็นการสัมภาษณ์เพื่อให้นักเรียนได้เกิดการอธิบายเพิ่มเติมจากคำตอบที่นักเรียนได้ตอบลงไปในแบบวัด เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ชัดเจนยิ่งขึ้นและสามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์ได้อย่างถูกต้อง โดยแบบวัดแนวคิดมีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

1. ศึกษาและวิเคราะห์กรอบแนวคิดของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) มาตรฐานการเรียนรู้สาระชีววิทยา หลักสูตรสถานศึกษา คู่มือครูและหนังสือเรียนวิชาชีววิทยาของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เอกสารคำสอน และศึกษาหลักการสร้างแบบวัดแนวคิดชนิดคำถามปลายเปิด เพื่อนำมาสร้างแบบวัดแนวคิด เรื่อง การหายใจระดับเซลล์

2. สร้างแบบวัดแนวคิดชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การหายใจระดับเซลล์ จำนวน 1 ข้อ

3. นำแบบวัดแนวคิด เรื่อง การหายใจระดับเซลล์ เสนอต่อคณะกรรมการครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสม ความตรงเชิงเนื้อหา ภาษา และความเหมาะสมของข้อคำถาม แล้วนำแบบวัดแนวคิดมาทำการปรับปรุงแก้ไข

4. นำแบบวัดแนวคิด เรื่อง การหายใจระดับเซลล์ ไปใช้กับนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัย

ในการตอบคำถามวิจัยข้อที่ ที่ถามว่า “การจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ สามารถพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องการหายใจระดับเซลล์ ได้หรือไม่อย่างไร” ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. รวบรวมคำตอบของนักเรียนแต่ละคนที่ได้จากแบบวัดแนวคิด เรื่อง การหายใจระดับเซลล์

2. นำคำตอบของนักเรียนที่ผ่านการจำแนกแล้วมาทำการจัดกลุ่มแนวคิดตามแนวคิดของ Haidar (1997) ได้แก่ แนวคิดวิทยาศาสตร์ (Sound Understanding: SU) แนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU) แนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial

Understanding with Specific Misconception: PUSM) แนวคิดคลาดเคลื่อน (Specific Misconception: SM) และไม่มีแนวคิด (No Understanding: NU)

3. วิเคราะห์จำนวนนักเรียน วิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบแบบร้อยละ และวิเคราะห์ค่าความถี่ ของคำตอบของนักเรียนที่มีระดับแนวคิดแบบต่าง ๆ ตามเกณฑ์ที่กำหนด นอกจากนั้นผู้วิจัยจะใช้ข้อมูลที่ได้ระหว่างการจัดการเรียนรู้มาวิเคราะห์ร่วมด้วยโดยวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (content analysis)

จริยธรรมในการทำวิจัย

เนื่องจากในงานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยทางสังคมศาสตร์ที่มีการศึกษาในมนุษย์ จึงจำเป็นจะต้องมีการคำนึงถึงจริยธรรมในการทำงานวิจัย โดยก่อนการทำการวิจัยและการเก็บข้อมูลในชั้นเรียน ผู้วิจัยแจ้งให้นักเรียนทราบว่าจะมีการเก็บข้อมูลในการทำวิจัย โดยการให้ข้อมูลนักเรียนสามารถให้ด้วยความสมัครใจและไม่มีผลต่อคะแนน

บทที่ 4

ผลการวิจัยและข้อวิจารณ์

ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ สามารถพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่อง การหายใจระดับเซลล์ ได้หรือไม่อย่างไร ซึ่งผู้วิจัยขอนำเสนอผลการวิจัย ดังนี้

แนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง การหายใจระดับเซลล์ ก่อนและหลังการเรียนรู้โดยใช้แบบสืบเสาะหาความรู้

ผู้วิจัยได้จัดกลุ่มแนวคิดของนักเรียนออกเป็น 5 กลุ่ม ตามแนวคิดของ Haidar (1997) โดยใช้เกณฑ์ในการจัดกลุ่มแนวคิด ดังนี้

SU	หมายถึง	แนวคิดวิทยาศาสตร์
PU	หมายถึง	แนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์
PUSM	หมายถึง	แนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วน
SM	หมายถึง	แนวคิดคลาดเคลื่อน
NU	หมายถึง	ไม่มีแนวคิด

ผลจากการศึกษาแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียน แสดงดังตารางที่ 2 ผู้วิจัยขอนำเสนอผลวิจัยแต่ละแนวคิดในเรื่อง การหายใจระดับเซลล์ ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2 จำนวนและร้อยละ ของแนวคิดเรื่อง การหายใจระดับเซลล์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังการเรียนรู้โดยใช้แบบสืบเสาะหาความรู้ (จำนวนนักเรียนรวม [n] = 40)

กลุ่มแนวคิด	ก่อนเรียน		หลังเรียน	
	จำนวนนักเรียน	ร้อยละ	จำนวนนักเรียน	ร้อยละ
SU	2	4.17	20	41.67
PU	3	6.25	13	27.08
PUSM	7	14.58	3	6.25
SM	22	45.83	4	8.33
NU	4	8.33	0	0.00

จากตารางที่ 2 พบว่านักเรียนส่วนมากหลังผ่านการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะร่วม นักเรียนมีพัฒนาการแนวคิดวิทยาศาสตร์มากขึ้น กล่าวคือนักเรียนมีลำดับพัฒนาการไปอยู่แนวคิดกลุ่มวิทยาศาสตร์ (SU) ซึ่งต่างจากก่อนเรียนที่นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ส่วนมากเป็นแนวคิดคลาดเคลื่อน (SM) โดยพบนักเรียนที่อยู่ในกลุ่มแนวคิดนี้ถึง 22 คนหรือร้อยละ 45.83 ของนักเรียนทั้งหมด ซึ่งผู้วิจัยของแสดงตัวอย่างคำตอบตามการจัดกลุ่มแนวคิดของนักเรียนดังนี้

จากคำถามในแบบวัดแนวคิด ซึ่งถามว่า “จากสถานการณ์และข้อมูลเบื้องต้น เซลล์ A จะเกิดกระบวนการหายใจระดับเซลล์ในภาวะที่มีออกซิเจนเพียงพอ ได้หรือไม่เพราะเหตุใด”

กลุ่มของแนวคิด	ตัวอย่างคำตอบตามกลุ่มแนวคิดของนักเรียน
แนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU)	พืช A ไม่สามารถเกิดกระบวนการการหายใจระดับเซลล์ภาวะที่มีออกซิเจนเพียงพอได้ เนื่องจากต้องใช้ออกซิเจนมาเป็นตัวรับอิเล็กตรอนตัวสุดท้าย
แนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PU)	พืช A ไม่สามารถเกิดกระบวนการการหายใจระดับเซลล์ภาวะที่มีออกซิเจนเพียงพอได้ เนื่องจากไม่มีออกซิเจนมาใช้หายใจ
แนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PUSM)	พืช A ไม่สามารถเกิดกระบวนการการหายใจระดับเซลล์ภาวะที่มีออกซิเจนเพียงพอได้ เนื่องจากออกซินเจนไม่สามารถเข้าสู่เซลล์ได้
แนวคิดคลาดเคลื่อน (SM)	พืช A สามารถเกิดกระบวนการการหายใจระดับเซลล์ภาวะที่มีออกซิเจนเพียงพอได้
ไม่มีแนวคิด (NU)	ไม่มีคำตอบหรือตอบว่า “ไม่ทราบ” หรือตอบบุคคลโดยไม่มีเหตุผลประกอบ

ข้อวิจารณ์

การวิจารณ์ผลการวิจัยนี้ เป็นการวิจารณ์แนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง กระบวนการการหายใจระดับเซลล์ร่วมกับแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ส่งผลต่อการพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียน จะเห็นได้ว่านักเรียนส่วนมากมีการพัฒนาแนวคิดไปสู่กลุ่มที่มีระดับแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SU) ซึ่งมีสาเหตุและรายละเอียดดังนี้

สาเหตุที่การเรียนรู้โดยใช้แบบสืบเสาะหาความรู้ ส่งเสริมให้นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์เพิ่มสูงขึ้น เนื่องมาจากการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน ได้แก่ ตัวอย่างจริง (หรือใกล้เคียงกับของจริง เช่น วิดีทัศน์) ร่วมกับการใช้คำถามที่เป็นลำดับขั้นตอนเพื่อตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสงสัยและต้องการเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ ปาณิสรา ไม้รอด (2557) และฮามีด๊ะ มูสอ (2555) ที่พบว่าการใช้สื่อการเรียนรู้ที่มีความเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน มีความหลากหลาย และมีความชัดเจน ร่วมกับการกระตุ้นนักเรียนด้วยคำถามปลายเปิดที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการคิด อภิปราย และใช้จินตนาการ ทำให้นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองที่สอดคล้องกับความรู้เดิมของนักเรียนได้

ในขณะเดียวกัน Bennett and Holman (2002) ที่กล่าวว่าการที่นักเรียนได้นำเอาความรู้ไปอธิบายสถานการณ์ต่าง ๆ ทำให้นักเรียนได้เห็นประโยชน์ขององค์ความรู้ที่มีอยู่ รวมถึงยังทำให้นักเรียนได้มีการ

ทบทวนและขยายความรู้ให้เปิดกว้างยิ่งขึ้น เช่นเดียวกับ Hewson (1992) ที่กล่าวว่า การที่ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำความรู้ของตนเองไปอธิบายเพื่อแก้ไขสถานการณ์ที่เป็นส่วนหนึ่งในชีวิตประจำวันจะเป็นเครื่องตรวจสอบความเข้าใจในแนวคิดนั้น ๆ ของนักเรียนได้

อย่างไรก็ตาม ผลการวิจัยพบว่ายังมีนักเรียนบางคนที่มีแนวคิดที่ไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วนและแนวคิดคลาดเคลื่อน ซึ่งอาจเป็นเพราะธรรมชาติของเนื้อหามีความซับซ้อนและเป็นนามธรรม ไม่สามารถมองเห็นได้ นอกจากนั้นเนื้อหาดังกล่าวจำเป็นต้องใช้ความรู้พื้นฐานทางเคมี สอดคล้องกับงานวิจัยของ Cakir (2008) ที่กล่าวว่าหากนักเรียนไม่เข้าใจหรือไม่คุ้นเคยในแนวคิดเดิมมาก่อนจะส่งผลให้มีการเชื่อมโยงสู่แนวคิดใหม่ได้ยาก และอาจทำให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ไม่ครบถ้วน เพราะการเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้ดีเมื่อมีการเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่เข้าด้วยกัน และมีการปรับเปลี่ยนแนวคิดให้มีความถูกต้องยิ่งขึ้น

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยเรื่อง การพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง กระบวนการการหายใจระดับเซลล์ ด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบสืบเสาะซึ่งผู้วิจัยสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

จากการแบ่งกลุ่มแนวคิดเป็นทั้งหมด 5 แนวคิดได้แก่ ตามแนวคิดของ Haidar (1997)

1) แนวคิดวิทยาศาสตร์ (Sound Understanding: SU)

2) แนวคิดวิทยาศาสตร์วิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU)

3) แนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วน
(Partial Understanding with Specific Misconception: PUSM)

4) แนวคิดคลาดเคลื่อน (Specific Misconception: SM)

5) ไม่มีแนวคิด (No Understanding: NU)

พบว่าก่อนการจัดการเรียนรู้มีนักเรียนจำนวน 4 คนหรือร้อยละ 8.33 มีไม่มีแนวคิด (NU) และมีถึง 22 คนซึ่งมีแนวคิดคลาดเคลื่อน (SM) และมีนักเรียนเพียง 2 คนหรือร้อยละ 4.17 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ (SU) จากนั้นเมื่อพิจารณา หลังการจัดการเรียนรู้พบว่ามีนักเรียนส่วนมากพัฒนาตนเองอยู่ในระดับกลุ่มแนวคิดที่สูงขึ้น กล่าวคือมีนักเรียนกลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์สูงถึง 20 คน (ร้อยละ 41.67) และไม่มีนักเรียนที่ไม่มีแนวคิดอีกต่อไป อย่างไรก็ตามยังมีนักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนและมีแนวคิดไม่สมบูรณ์ อาจเนื่องมาจากนักเรียนไม่มีฐานความรู้เดิมจึงยากที่จะเชื่อมโยงความรู้ใหม่และปรับเปลี่ยนให้แนวคิดไปในทิศทางที่ถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

จิตตมาส สุขแสวง. 2549. **การศึกษาแนวคิดของนักเรียน และพฤติกรรมการสอนของครู เรื่องกรด-เบส ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 5 ของโรงเรียนในเขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร**. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชาตรี ฝ่ายคำตา และ ภรณ์ทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์. 2557. “การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน.” **วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์** 29 (3): 86-98.

ชัยยนต์ ศรีเชียงหา. 2554. **การพัฒนาแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีและเจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน**. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทิศนา แขมมณี. 2545. **รูปแบบการเรียนการสอน: ทางเลือกทางหลากหลาย**. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปาณิสรา ไม้รอด. 2557. **การพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง การแบ่งเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน**. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2546. **คู่มือการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

_____. 2560. **ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

สุภางค์ จันทวานิช. 2557. **วิธีการวิจัยเชิงคุณภาพ**. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุนีย์ คล้ายนิล. 2547. “การรู้คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ของนักเรียนวัยจบการศึกษาภาคบังคับ.” **วารสารการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี** 32 (129): 9-18.

สุมาลี ชัยเจริญ. 2545. **ทฤษฎีการออกแบบการสอนในกระบวนทัศน์ใหม่**. ขอนแก่น: ภาควิชา เทคโนโลยีการศึกษาคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุรชิต ชูแสง. 2559. **การพัฒนาแนวคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการใช้มโนภาพพลวัต**. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุรางค์ โค้วตระกูล. 2556. **จิตวิทยาการศึกษา**. พิมพ์ครั้งที่ 11. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ฮามีด๊ะ มูสอ. 2555. **การพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน**. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Adadan, E. 2013. “Using Multiple Representations to Promote Grade 11 Students' Scientific Understanding of the Particle Theory of Matter.” **Research in Science Education** 43: 1079-1105.

Brickhouse, N. W. and Z. R. Dagoher. 2000. “Diversity of Students’ Views about Evidence, Theory, and the Interface between Science and Religion in an Astronomy Course.” **Journal of Research in Science Teaching** 34 (4): 340–362.

Buckley, B. C., J. D. Gobert, A. C. H. Kindfield, P. Horwitz, R. F. Tinker, B. Gerlits, U. Wilensky, C. Dede, and J. Willett. 2004. Model-based teaching and learning with biologica: what do they learn? how learn? how do we know?. **Journal of Science Education and Technology** 13 (1): 23-41.

Cakir M. 2008. “Constructivist Approaches to Learning in Science and Their Implications for Science Pedagogy: A Literature Review”. **International Journal of Environmental & Science Education**, 3 (4): 193-206.

Chang, S. N. 2007. “Externalising students' mental models through concept maps.” **Journal of Biological Education** 41 (3): 107-112.

Fisher, K. M. 1985. A misconception in biology: Amino acids and translation. **Journal of research in Science Teaching** 22 (1): 53-62.

Friend, M. and Cook, L. 1992. **Interaction: Collaboration skills for school professional**. ERIC.

Gilbert, J. K. 2005. **Visualization in science education**. Netherlands: Springer.

Gilbert, S. W. and S. W. Ireton. 2003. **Understanding models in earth and space science**. Washington, D.C.: NSTA press.

Gobert, J. D. and Buckley, B. C. 2002. "Introduction to Model – Based Teaching and learning in Science Education." **International Journal of science Education** 22(9): 891-894.

Haidar, A. H. 1997. "Prospective chemistry Teachers' Conception of Conservation of Matter and Related Concept." **Journal of Research in Science Teaching** 34 (4): 181-197.

Kemmis, S. and R. McTaggart. 1998. **The Action Research Reader**. Deakin: Victoria University Press.

Khan, S. 2007. "Model-Based Inquiries in Chemistry." **Science Education** 91 (6): 877-905.

Khun, D. 2015. Thinking together and alone. **Education Researcher** 0013189X15569530.

Tsui, C. and D. Treagust. 2010. "Evaluating Secondary Students' Scientific Reasoning in Genetics Using a Two-Tier Diagnostic Instrument." **International Journal of Science Education** 8: 1073-1098.

Zirbel, E. L. 2004. "Framework for Conceptual Change." **The Astronomy Education Review** 3: 62-76.