



.....
การพัฒนาโน้ตค้นทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การแบ่งเซลล์และความพึงพอใจของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 6 ขั้นตอน

The Development of Grade 10th Students' Scientific Concepts of Cell Division
and Satisfaction through Science, Technology, Engineering and Mathematics
(STEM) Education by 6E Learning Cycle

Received: March 22, 2021

Revised: April 26, 2021

Accepted: April 27, 2021

ฉัตรมงคล สีประสงค์*

Chatmongkol Seeprasong

จิตติมา ประคองทรัพย์**

Thitima Prakongsup

วิญญู ภัคดี***

Winyou Puckdee

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้เพื่อศึกษานโน้ตค้นทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน และพัฒนาความเข้าใจโน้ตค้นทางวิทยาศาสตร์เรื่อง การแบ่งเซลล์ และศึกษาความพึงพอใจของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 6 ขั้นตอน เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง การแบ่งเซลล์ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษาด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 6 ขั้นตอน 2) แบบวัดมโน้ตค้นทางวิทยาศาสตร์เรื่อง การแบ่งเซลล์ 3) แบบสัมภาษณ์นักเรียนและ 4) แบบสำรวจความพึงพอใจของนักเรียน

ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 6 ขั้นตอน สามารถพัฒนา มโน้ตค้นเรื่องการแบ่งเซลล์ของนักเรียนได้ โดยก่อนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีมโน้ตค้น ที่คลาดเคลื่อนจากมโน้ตค้นทางวิทยาศาสตร์ หลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยวัฏจักร การเรียนรู้ 6 ขั้นตอน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีมโน้ตค้นหลังเรียนสอดคล้องกับมโน้ตค้นทางวิทยาศาสตร์

* อาจารย์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

Lecturer, Department of Biology, Faculty of Science and Technology, Rambhai Barni Rajabhat University, Thailand

** ครู ค.ศ. 3 โรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดจันทบุรี

Senior Professional Level Teachers, Benchamarachuthit Chanthaburi School

*** อาจารย์ ดร. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

Lecturer Dr., Department of Biology, Faculty of Science and Technology, Rambhai Barni Rajabhat University, Thailand

Corresponding Author E-mail Address: Chatmongkol.s@rbru.ac.th



.....
 เพิ่มมากขึ้นและนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 6 ขั้นเรื่อง การแบ่งเซลล์ในระดับมาก

คำสำคัญ : โมเดลทางวิทยาศาสตร์/ การแบ่งเซลล์/ สะเต็มศึกษา/ วัฏจักรการเรียนรู้ 6 ขั้น

Abstract

The purposes of this research were to study pre- and post-learning of grade 10th students' scientific conceptions, and to develop scientific concepts in "cell division", and to study students' satisfaction with STEM education by using 6E learning cycle. The tools used to carry out this research were : 1) the lesson plans on the topic of "cell division" with STEM education by using 6E learning cycle, 2) the scientific concept test in "cell division", 3) the student's interview form, and 4) the student's satisfaction assessment form.

The research findings were: the science, technology, engineering and mathematics (STEM) education by 6E learning cycle could develop students' conception of cell division. Before learning, most students had misconceptions in all topics. After learning, the most students increasingly held scientific concepts. And the students were satisfied with STEM education by using 6E learning cycle on the topic Cell Division at the high level.

Keywords : Scientific Concepts/ Cell Division/ STEM Education/ 6E Learning Cycle

บทนำ

กระบวนการจัดการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์มีบทบาทที่สำคัญเป็นอย่างมากในการปรับปรุงและพัฒนาคุณภาพการเรียนการสอน เป็นกระบวนการที่ผู้เรียนต้องจัดกระทำ ลงมือปฏิบัติ ไม่ใช่เพียงเป็นผู้รับสาร ผู้สอนจึงจำเป็นต้องจัดการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ (Construction) เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ วิทยาศาสตร์ เช่น ความเข้าใจในโมเดล (Concept) ทางวิทยาศาสตร์ เป็นต้น วิไลวรรณ แสนพาน (Saenpan, 2010) สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายที่สำคัญของการจัดการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ตามที่สถาบันส่งเสริมการสอน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีซึ่งกำหนดไว้มีหลายประเด็น หนึ่งในประเด็นที่สำคัญคือ การพัฒนาโมเดลทาง วิทยาศาสตร์ของผู้เรียนให้ตรงกับโมเดลทางวิทยาศาสตร์ของนักวิทยาศาสตร์ สถาบันส่งเสริมการสอน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST), 2013) จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า นักเรียนยังคงมีโมเดลทางวิทยาศาสตร์ ที่คลาดเคลื่อนในหลาย ๆ เรื่อง โมเดลที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนจะติดตัวนักเรียนไปตลอด เมื่อเกิดการนำ ความรู้ไปใช้และเชื่อมโยงกับความรู้อื่น ๆ จะเกิดผลเสียต่อองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง นักเรียน มักเกิดโมเดลที่คลาดเคลื่อนตั้งแต่ช่วงต้นและระหว่างการเรียนรู้ในห้องเรียน โดยอาจมีสาเหตุมาจากการ จัดการเรียนรู้ของผู้สอนหรือหนังสือเรียน (Wandersee, Mintzes and Novak, 1994; Dikmenli, 2010)



.....

โมทัศน์เรื่อง การแบ่งเซลล์ ประกอบด้วยหัวข้อย่อยต่าง ๆ เช่น ยีน ดีเอ็นเอ โครโมโซม การเปลี่ยนแปลงนิวเคลียสเมื่อเกิดการแบ่งเซลล์ จึงเป็นโมทัศน์พื้นฐานที่สำคัญในการนำไปใช้ศึกษาในหัวข้อต่าง ๆ เช่น พันธุศาสตร์ การสืบพันธุ์ การเจริญและการพัฒนา เป็นต้น เป็นโมทัศน์ที่ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ยากและหากผู้สอนจัดกระบวนการเรียนรู้ที่ไม่เหมาะสมอาจก่อให้เกิดโมทัศน์ที่คลาดเคลื่อนต่อผู้เรียนได้ (Oztas, Ozay and Oztas, 2003) ดังนั้นหากผู้เรียนมีโมทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องการแบ่งเซลล์ จึงส่งผลต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนในหัวข้ออื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง โมทัศน์ในเรื่องนี้ส่วนใหญ่มีเนื้อหาที่มีความเป็นนามธรรมค่อนข้างสูง เนื่องจากไม่สามารถมองเห็นได้ มีคำศัพท์เทคนิคมาก มีกระบวนการขั้นตอนที่ซับซ้อน เช่น ความแตกต่างของโครโมโซมกับโครมาทิด การเพิ่มและลดจำนวนโครโมโซม รวมถึงเหตุการณ์ที่เกิดในระยะต่าง ๆ พืชพรรณ ประสานเนตร และวิล สำนัญวานิช (Prasarned and Sumranwanich, 2013) จากงานวิจัยของ (Dikmenli, 2010) พบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่มีโมทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่อง การแบ่งเซลล์ค่อนข้างสูง โดยเฉพาะการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสที่มีเหตุการณ์และกระบวนการขั้นตอนที่ค่อนข้างซับซ้อน โดยมีปัจจัยที่ทำให้ผู้เรียนมีโมทัศน์ที่คลาดเคลื่อนคือ การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนของผู้สอน และความซับซ้อนของเนื้อหาในหัวข้อการแบ่งเซลล์ อีกทั้งจากการรายงานของ ขวัญฤทัย เทียงจันทราทิพย์, พินิจ ขำวงศ์, กมลวรรณ กันยาประสิทธิ์ และสุทธิดา จำรัส (Thiangchanthathip, Khumwong, Kanyaprasith and Chamrat, 2016) พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีโมทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่องการแบ่งเซลล์ที่คลาดเคลื่อน เช่น นักเรียนระบุว่า เซลล์คือสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กหรือโมเลกุลขนาดเล็กที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า ผนังเซลล์เซลล์เป็นเยื่อเลือกผ่านเช่นเดียวกับเยื่อหุ้มเซลล์ เป็นต้น จะเห็นได้ว่าโดยส่วนใหญ่แล้วนักเรียนยังมีโมทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องการแบ่งเซลล์ซึ่งเป็นโมทัศน์ที่สำคัญพื้นฐานในการต่อยอดเพื่อใช้ในการเรียนรู้โมทัศน์อื่น ๆ ในวิชาชีววิทยาที่ซับซ้อนได้ ดังนั้นผู้สอนจึงควรจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาโมทัศน์ของผู้เรียนให้ถูกต้องตามโมทัศน์ทางวิทยาศาสตร์มากที่สุด

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ถูกนำมาใช้เพื่อปรับปรุงโมทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมีหลากหลาย เช่น การจัดการเรียนรู้ผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สุภาพร พรไตร และชนันธร อุดมศิลป์ (Porntri and Udomsin, 2017) ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนค้นหาคำตอบของสิ่งต่าง ๆ ด้วยตนเอง การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ละมัย โชคชัย, เอกรัตน์ ทานาค และพรรณนภา ศักดิ์สูง (Chocchai, Tanak and Saksoong, 2014) เป็นการเรียนรู้จากการใช้แบบจำลองของสิ่งต่าง ๆ เพื่อพัฒนาโมทัศน์ของผู้เรียนให้ดียิ่งขึ้น อย่างไรก็ตาม ถึงแม้จะมีงานวิจัยที่นำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ต่าง ๆ มาใช้เพื่อพัฒนาโมทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้ดีขึ้น แต่ยังคงพบว่ามีนักเรียนยังประสบปัญหาดังกล่าวอยู่ จึงต้องปรับแก้และพัฒนาโมทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนด้วยรูปแบบและเทคนิคในการจัดการเรียนรู้ที่แตกต่างกันไปตามความเหมาะสมและบริบทของผู้สอนและผู้เรียน หนึ่งในรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่กำลังเป็นที่สนใจในปัจจุบันรูปแบบหนึ่งคือ การจัดการเรียนรู้ด้วยการบูรณาการสะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยบูรณาการเทคโนโลยีและวิศวกรรมเข้าด้วยกัน (Bybee, 2010) โดยสามารถจัดการเรียนรู้ตั้งแต่ระดับชั้นอนุบาลจนถึงระดับปริญญาตรี เพื่อให้ผู้เรียนได้เห็นถึงความเชื่อมโยงและนำเอาองค์ความรู้ทั้ง 4 สาขามาปรับใช้ในชีวิตประจำวัน ทำให้ผู้เรียนเข้าใจและมองภาพของโมทัศน์ต่าง ๆ ที่ได้เรียนรู้ไปในชั้นเรียนว่าสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างไร จึงสามารถพัฒนาโมทัศน์ทางวิทยาศาสตร์



.....
 ของผู้เรียนได้ (Lantz, 2009) อีกทั้งจุดมุ่งหมายพื้นฐานของการจัดการเรียนรู้ด้วยการบูรณาการสะเต็มศึกษาเพื่อเตรียมความรู้ และทักษะของบุคคลให้พร้อมสำหรับการออกไปใช้ชีวิตประจำวันที่ต้องเผชิญกับปัญหาต่าง ๆ มีขีดความสามารถในการใช้ชีวิตในทุก ๆ สถานการณ์ได้ดียิ่งขึ้น (Smith and Karr-Kidwell, 2000)

การจัดการเรียนรู้เนื้อหาวิชาชีววิทยาให้มีประสิทธิภาพ ผู้สอนมีความจำเป็นต้องออกแบบกิจกรรมกิจกรรมที่เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ (Hands-on Activity) ส่งเสริมผู้เรียนให้สร้างความรู้ด้วยตนเองผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Based) (Smith, 1991) โดยกิจกรรมที่มีรูปแบบให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ สร้างความรู้ด้วยตนเองและอยู่บนพื้นฐานการสืบเสาะหาความรู้ที่เป็นที่น่าสนใจคือ การจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักร 6 ขั้น ที่ถูกพัฒนามาจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ถูกเพิ่มเติมด้วยขั้นวิศวกรรม (Engineering) และขั้นปรับปรุง (Enrich) แทนขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง เป็นการผสมผสานให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ในบริบทเนื้อหา ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้นำองค์ความรู้มโนทัศน์มาใช้ในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน และสามารถพัฒนาทักษะต่าง ๆ เพื่อให้ผู้เรียนนำไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง (Burke, 2014) สหรัฐ ยกย่อง และศศิเทพ ปิติพรเทพิน (Yokyong and Pitipornatapin, 2019) จากรายงานการวิจัยของ สหรัฐ ยกย่อง และศศิเทพ ปิติพรเทพิน (Yokyong and Pitipornatapin, 2019) ได้มีการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักร 6 ขั้นร่วมกับสะเต็มศึกษามาพัฒนาทักษะการโต้แย้งของนักเรียน พบว่านักเรียนมีทักษะการโต้แย้งที่เพิ่มขึ้นจากการที่นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาและมโนทัศน์ในหัวข้อต่าง ๆ ที่มากขึ้น และเมื่อนำขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักร 6 ขั้นมาพิจารณาในแต่ละขั้นตอนพบว่า สามารถพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้ จากการที่ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติและสร้างความรู้ด้วยตนเอง ผู้เรียนสามารถนำองค์ความรู้มาใช้ในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย ผู้วิจัยจึงเห็นว่าเป็นรูปแบบที่น่าสนใจในการเลือกมาจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ให้แก่ผู้เรียน

ความพึงพอใจของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้เป็นส่วนสำคัญที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการจัดการเรียนรู้ ดังนั้นเพื่อให้เกิดผลสัมฤทธิ์สูงสุดในการจัดการเรียนรู้จึงควรศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนต่อกิจกรรมนั้น ๆ เพื่อนำไปวางแผน ปรับปรุงแก้ไข และพัฒนาการจัดการเรียนรู้ให้ดียิ่งขึ้น วิชชุดา คัมภีร์เวช (Kampeewat, 2013) จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า กระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือสืบเสาะหาความรู้ ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ มีการนำองค์ความรู้มาใช้ในการสร้างสรรค์นวัตกรรมหรือสิ่งประดิษฐ์จะส่งผลต่อความพึงพอใจของนักเรียน มาริชา พานจันทร์ (Phanchan, 2017) กล่าวว่า กระบวนการจัดการเรียนรู้ที่มีขั้นตอนและกิจกรรมที่หลากหลาย เน้นให้ผู้เรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรงในการเรียนรู้ ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความสุขในการเรียนรู้ สามารถปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผู้เรียนเกิดความต้องการที่จะเรียนรู้ ส่งผลต่อการพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนให้ดียิ่งขึ้น

จากการสังเกตชั้นเรียนและการสอบถามครูประจำวิชาชีววิทยาของโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดจันทบุรีพบว่า ผู้เรียนยังมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องการแบ่งเซลล์ ถึงแม้ครูจะมีการปรับเปลี่ยนรูปแบบวิธีการสอนแต่ยังพบว่า นักเรียนยังคงมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนอยู่ และจากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า ยังมีการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ 6 ขั้น มาใช้เพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ค่อนข้างน้อย ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาถึงรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนา



.....
 มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนในเรื่อง การแบ่งเซลล์โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยวัฏจักร 6 ขั้น มาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนาโมทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ได้

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้เรื่อง การแบ่งเซลล์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมแห่งหนึ่งในจังหวัดจันทบุรี สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาจันทบุรี ทรายาด
2. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนหลังเรียน ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 6 ขั้น

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง การแบ่งเซลล์ คือ ความรู้ ความเข้าใจ ความคิดรวบยอดของนักเรียนเกี่ยวกับการแบ่งเซลล์ ที่ได้จากคำตอบของนักเรียนจากแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง การแบ่งเซลล์
2. การพัฒนาโมทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง การแบ่งเซลล์ คือ การส่งเสริมมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนเรื่อง การแบ่งเซลล์ให้ถูกต้องตามมโนทัศน์ของนักวิทยาศาสตร์ ทั้งหมด 5 มโนทัศน์หลัก คือ 1) ชนิดและความสำคัญของการแบ่งเซลล์ 2) ฮอโมโลกัสโครโมโซม เซลล์ดิพลอยด์ เซลล์แฮพลอยด์ 3) วัฏจักรเซลล์ 4) การเปลี่ยนแปลงนิวเคลียสในการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส 5) การเปลี่ยนแปลงนิวเคลียสในการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส
3. สะเต็มศึกษา คือ แนวทางในการจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการองค์ความรู้ ทักษะของ 4 สาขาวิชาคือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน เพื่อพัฒนาความรู้ ความสามารถและทักษะของนักเรียนให้สอดคล้องกับสถานการณ์ต่าง ๆ
4. วัฏจักรการเรียนรู้ 6 ขั้น คือ แนวทางในการจัดการเรียนรู้ที่มีการพัฒนามาจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ถูกเพิ่มเติมด้วยขั้นวิศวกรรม (Engineering) และขั้นปรับปรุง (Enrich) แทนขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ผู้เรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองประกอบด้วย
 1. ขั้นสร้างความสนใจ เป็นขั้นที่ครูผู้สอนมีบทบาทในการกระตุ้นผู้เรียนให้เกิดความสนใจหรือทบทวนความรู้เดิมของผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมเข้ากับความรู้ใหม่ได้ และอาจมีการแทรกคำถามหรือสถานการณ์ปัญหาเพื่อให้นักเรียนค้นหาคำตอบหรือแก้ปัญหา
 2. ขั้นสำรวจ เป็นขั้นที่นักเรียนมีบทบาทในการเสาะหาคำตอบหรือวิธีการแก้ปัญหาาร่วมกันเป็นกลุ่ม โดยครูมีบทบาทคอยเป็นผู้อำนวยความสะดวกให้กับนักเรียน
 3. ขั้นอธิบาย เป็นขั้นที่นักเรียนมีบทบาทในการอธิบายองค์ความรู้ที่ค้นพบ โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการทำกิจกรรม มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม และครูมีบทบาทในการตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนจากการใช้คำถาม



5. ขั้นวิศวกรรม เป็นขั้นที่นักเรียนมีบทบาทในการสร้างนวัตกรรมโดยผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และครูมีบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวกให้กับนักเรียน
6. ขั้นปรับปรุง เป็นขั้นที่นักเรียนมีบทบาทในการนำนวัตกรรมที่ได้มาทดสอบประสิทธิภาพและประเมินประสิทธิภาพของนวัตกรรมตามเกณฑ์ที่กำหนด จากนั้นผู้เรียนนำชิ้นงานไปปรับปรุงแก้ไขให้ดียิ่งขึ้น โดยที่ครูมีบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวกให้กับนักเรียน
7. ขั้นประเมินผล เป็นขั้นที่ครูมีบทบาทโดยการประเมินการทำงานและการเรียนรู้ของผู้เรียนตลอดกระบวนการจัดการเรียนรู้

วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed-method Research) มีการนำเสนอข้อมูลเชิงคุณภาพและข้อมูลเชิงปริมาณ ในรูปแบบของแบบแผนแบบขั้นตอนเชิงอธิบาย (Explanatory Sequential Design) โดยการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณมาวิเคราะห์จากนั้นติดตามต่อด้วยการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพมาวิเคราะห์เพื่ออธิบายและสรุปผล

กลุ่มเป้าหมาย

เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมแห่งหนึ่งในจังหวัดจันทบุรี สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาจันทบุรี ตราด ที่กำลังเรียนอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 รูปแบบการเรียนรู้ในสถานที่ตั้ง (Onsite) จำนวน 29 คน โดยการเลือกกลุ่มเป้าหมายแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ตัวแปรต้น ได้แก่ การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 6 ขั้น

ตัวแปรตาม ได้แก่

1. โมเดลทางวิทยาศาสตร์เรื่อง การแบ่งเซลล์
2. ความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 6 ขั้น

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย

1. แบบวัดโมเดลทางวิทยาศาสตร์เรื่องการแบ่งเซลล์ ประกอบด้วย 5 โมเดลหลัก คือ 1) ชนิดและความสำคัญของการแบ่งเซลล์ 2) ฮอโมโลกัสโครโมโซม เซลล์ดิพลอยด์ เซลล์แฮพลอยด์ 3) วัฏจักรเซลล์ 4) การเปลี่ยนแปลงนิวเคลียสในการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส 5) การเปลี่ยนแปลงนิวเคลียสในการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ประกอบด้วยคำถามปลายเปิด จำนวน 10 ข้อ โดยแบบวัดโมเดลทางวิทยาศาสตร์มีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 0.66 – 1.00 มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.45 – 0.74 และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.35 – 0.46 และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.87



2. แผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง การแบ่งเซลล์ โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 6 ขั้น ที่มีความสอดคล้องกับตัวชี้วัดหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จำนวน 3 แผน ดังนี้

2.1 แผนการจัดการเรียนรู้หัวข้อ ชนิดของการแบ่งเซลล์ จำนวน 2 คาบ

2.2 แผนการจัดการเรียนรู้หัวข้อ การแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิส จำนวน 3 คาบ

2.3 แผนการจัดการเรียนรู้หัวข้อ การแบ่งนิวเคลียสแบบไมโอซิส จำนวน 3 คาบ

รวมทั้งสิ้น 8 คาบ (คาบละ 50 นาที) และแผนการจัดการเรียนรู้มีค่าเฉลี่ยความเหมาะสมทุกฉบับเท่ากับ 4.92

3. แบบสัมภาษณ์นักเรียน เป็นแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง โดยแบบสัมภาษณ์มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 0.66 – 1.00

4. แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ เป็นแบบสอบถามจากระดับความคิดเห็น 5 ระดับ จำนวน 15 ข้อ ซึ่งเป็นแบบวัดแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ได้แก่ 5 = มากที่สุด 4 = มาก 3 = ปานกลาง 2 = น้อย 1 = น้อยที่สุด โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.66 – 1.0

โดยผู้วิจัยได้ตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัยทั้งหมดโดยส่งให้นักวิทยาศาสตร์ศึกษาจำนวน 1 ท่าน นักวิทยาศาสตร์สาขาชีววิทยาจำนวน 1 ท่าน และครูชีววิทยาจำนวน 1 ท่าน เพื่อยืนยันตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาและภาษาที่ใช้ และนำมาทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะเดียวกับกลุ่มที่ศึกษา (นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4) จำนวน 1 ห้องเรียน แล้วนำเครื่องมือมาปรับปรุงก่อนนำไปใช้จริงต่อไป

วิธีการดำเนินการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ทดสอบก่อนเรียนด้วยแบบวัดมโนทัศน์เรื่อง การแบ่งเซลล์ โดยใช้เวลา 30 นาที จากนั้นชี้แจงรายละเอียดของรูปแบบการจัดกิจกรรมโดยบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ 6 ขั้น

2. ดำเนินตามแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องการแบ่งเซลล์ โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 6 ขั้น จำนวน 3 แผน รวมระยะเวลา 8 คาบ คาบละ 50 นาที โดยมีตัวอย่างขั้นตอนในการจัดกิจกรรมดังนี้

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาดูด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 6 ขั้น หัวข้อ การแบ่งเซลล์ แบบไมโอซิส

1) ขั้นสร้างความสนใจ

- ครูทบทวนความรู้เดิมโดยถามนักเรียนว่า “การเพิ่มจำนวนของเซลล์ร่างกายเกิดจากกระบวนการแบ่งนิวเคลียสชนิดใด” และ “ผลลัพธ์จากการแบ่งนิวเคลียสดังกล่าวเป็นอย่างไร”

- ครูถามต่อว่า “นักเรียนคิดว่าในเซลล์สืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตจะมีการแบ่งนิวเคลียสในลักษณะเดียวกันหรือไม่ อย่างไร” หากนักเรียนตอบว่า มีการแบ่งนิวเคลียสไม่เหมือนกันกับเซลล์ร่างกาย ครูจึงถามต่อว่า

1. การแบ่งนิวเคลียสในเซลล์สืบพันธุ์มีขั้นตอนอะไรบ้าง

2. การแบ่งนิวเคลียสในลักษณะนี้เรียกว่าอะไร และมีผลลัพธ์เป็นอย่างไร



2) ขั้นสำรวจ

- ครูแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5 – 6 คน

- ครูแจกบัตรคำการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโอซิส จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเรียงบัตรคำตามลำดับขั้นตอนกระบวนการแบ่งเซลล์ โดยมีครูคอยตรวจเช็คความถูกต้อง และให้นักเรียนศึกษารายละเอียดของโมทัศน์เรื่องการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโอซิสในบัตรคำ

- นักเรียนตอบคำถามเรื่องการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโอซิสในกูเกิลฟอร์ม โดยมีการแทรกคำถามที่ต้องใช้ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์มาใช้ในการตอบคำถาม

3) ขั้นอธิบาย

- นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอธิบายองค์ความรู้ที่ได้จากขั้นสำรวจ และมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม

- ครูกล่าวว่า “หากนักเรียนต้องการสร้างแบบจำลองการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโอซิสที่สามารถเป็นสื่อที่ช่วยให้เข้าใจหัวข้อการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโอซิสเพิ่มมากขึ้น โดยมีเงื่อนไขคือมีโมทัศน์ที่ถูกต้อง ต้นทุนไม่สูง และสามารถเผยแพร่ในสื่อออนไลน์ได้จะมีวิธีการอย่างไร”

4) ขั้นวิศวกรรม

- นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันออกแบบเพื่อสร้างแบบจำลองการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโอซิสโดยใช้วัสดุอุปกรณ์ที่หาง่าย ราคาประหยัด มาสร้างเป็นแบบจำลอง

- นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแบบจำลองการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโอซิสหน้าชั้นเรียน โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มประเมินชิ้นงานของเพื่อน และครูประเมินความถูกต้องของโมทัศน์

5) ขั้นปรับปรุง

- นักเรียนแต่ละกลุ่มนำข้อจำกัดจากเพื่อนนักเรียน และครูไปปรับปรุงแบบจำลองการแบ่งนิวเคลียสให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

- นักเรียนแต่ละกลุ่มนำแบบจำลองมาสร้างเป็นคลิปวิดีโอสั้น ๆ โดยใช้แอปพลิเคชัน Stop Motion มาใช้ในการสร้างคลิปวิดีโอเพื่อใช้ในการนำเสนอผลงานในรูปแบบของเทคโนโลยี

6) ขั้นประเมินผล

- ครูประเมินผลการเรียนรู้ตลอดช่วงระยะเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้วยคำถามและแบบวัดโมทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

3. หลังจบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ครบทั้ง 3 แผนการจัดการเรียนรู้ ให้นักเรียนทำแบบวัดโมทัศน์เรื่อง การแบ่งเซลล์ ซึ่งเป็นฉบับเดียวกับแบบทดสอบก่อนเรียน โดยใช้เวลา 30 นาที และบันทึกผลคะแนน

4. ให้นักเรียนทำแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ด้วยวัฏจักรการจัดการเรียนรู้ 6 ขั้น

5. หากมีข้อมูลเกี่ยวกับโมทัศน์ หรือความพึงพอใจของนักเรียนที่ยังไม่ชัดเจน ทั้งในแง่ของคำตอบโมทัศน์ที่ยังไม่ถูกต้องตามหลักโมทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หรือความพึงพอใจในด้านลบเพื่อนำมาปรับปรุงวิธีการ



.....
สอนให้ดียิ่งขึ้น ผู้วิจัยจะสัมภาษณ์นักเรียนโดยใช้แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างมาสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติม เช่น เพราะอะไร ทำไมนักเรียนจึงตอบคำถามในลักษณะนี้ และ ในขั้นตอนใดของการจัดกิจกรรม จึงส่งผลให้นักเรียนมีความพึงพอใจที่ออกมาในลักษณะนี้ เป็นต้น

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. คำตอบของนักเรียนจากแบบวัดมโนทัศน์เรื่อง การแบ่งเซลล์ ผู้วิจัยนำมาอ่าน ตีความ และจำแนก คำตอบของนักเรียนเป็น 5 กลุ่ม ได้แก่

1.1 กลุ่มมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ถูกต้อง หมายถึง นักเรียนตอบคำถามสอดคล้องกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ครบทุกมโนทัศน์

1.2 กลุ่มมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ หมายถึง นักเรียนตอบคำถามสอดคล้องกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์อย่างน้อย 1 มโนทัศน์ แต่ไม่มีส่วนผิด

1.3 กลุ่มมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์บางส่วนถูกต้องและมโนทัศน์คลาดเคลื่อนบางส่วน หมายถึง นักเรียนตอบคำถามสอดคล้องกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์อย่างน้อย 1 มโนทัศน์ และมีบางมโนทัศน์คลาดเคลื่อนจากมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

1.4 กลุ่มมโนทัศน์คลาดเคลื่อน หมายถึง นักเรียนตอบคำถามไม่สอดคล้องกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

1.5 กลุ่มที่ไม่มีคำตอบ หมายถึง นักเรียนไม่ได้ตอบคำถาม

2. ผู้วิจัยจัดกลุ่มคำตอบเรียบร้อยแล้ว นำคำตอบที่ได้ไปเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหา หากเกิดกรณีที่ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นต่างจากผู้วิจัย ผู้วิจัยและผู้เชี่ยวชาญจะได้มีการร่วมกันอภิปรายเพื่อหาข้อสรุป จากนั้นคำนวณหาร้อยละของความถี่ของคำตอบ

3. ผู้วิจัยนำข้อมูลจากการบันทึกเสียงสัมภาษณ์มาถอดความ จากนั้นนำมาจัดกลุ่มคำตอบ และวิเคราะห์เนื้อหา

4. วิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้เรียน โดยหาค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

สรุปผลการวิจัย

ผู้วิจัยขอเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลการวิจัยทั้งหมด 2 ตอน โดยมีรายละเอียดดังนี้
ตอนที่ 1 ผลการศึกษามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง การแบ่งเซลล์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 6 ขั้น

หลังการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยวัฏจักร 6 ขั้น พบว่านักเรียนมีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง การแบ่งเซลล์สอดคล้องกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักวิทยาศาสตร์ที่เพิ่มขึ้นทุกมโนทัศน์ ดังแสดงในตารางที่ 1



ตารางที่ 1 ความถี่และร้อยละค้ำตอบของนักเรียนที่ถูกจัดกลุ่มโมทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่องการแบ่งเซลล์ทั้งก่อนและหลังเรียน (n=29)

โมทัศน์หลัก	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)									
	โมทัศน์วิทยาศาสตร์ถูกต้อง		โมทัศน์ทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์		โมทัศน์ทางวิทยาศาสตร์บางส่วนถูกต้องและคลาดเคลื่อนบางส่วน				โมทัศน์คลาดเคลื่อน	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน
ชนิดและความสำคัญของการแบ่งเซลล์	0 (0.00)	16 (55.17)	5 (17.24)	12 (41.38)	17 (58.62)	1 (3.45)	6 (20.69)	0 (0.00)	1 (3.45)	0 (0.00)
ฮอโมโกล์โครโมโซม เซลล์ดิพลอยด์ เซลล์แฮพลอยด์	2 (6.90)	5 (17.24)	0 (0.00)	16 (55.17)	6 (20.69)	4 (13.80)	14 (48.28)	4 (13.80)	7 (24.14)	0 (0.00)
วัฏจักรเซลล์	5 (17.24)	18 (62.07)	5 (17.24)	7 (24.14)	13 (44.83)	2 (6.90)	1 (3.45)	0 (0.00)	5 (17.24)	2 (6.90)
การเปลี่ยนแปลงนิวเคลียสในการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส	0 (0.00)	15 (51.72)	1 (3.45)	8 (27.59)	19 (65.52)	4 (13.80)	7 (24.14)	2 (6.90)	2 (6.90)	0 (0.00)
การเปลี่ยนแปลงนิวเคลียสในการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส	0 (0.00)	12 (41.38)	0 (0.00)	5 (17.24)	8 (27.59)	6 (20.69)	11 (37.93)	3 (10.34)	10 (34.48)	3 (10.34)



1. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง การแบ่งเซลล์

1.1 ชนิดและความสำคัญของการแบ่งเซลล์

ก่อนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนร้อยละ 58.62 มีมโนทัศน์วิทยาศาสตร์บางส่วนถูกต้อง และคลาดเคลื่อนบางส่วน โดยเข้าใจว่าการแบ่งเซลล์และการแบ่งนิวเคลียสคือสิ่งเดียวกัน เซลล์มีการแบ่งนิวเคลียส และไซโทพลาสซึมไปพร้อม ๆ กัน แต่นักเรียนสามารถแยกได้ว่า ขั้นตอนการแบ่งเซลล์โดยรวม มีทั้งการแบ่งนิวเคลียส และแบ่งไซโทพลาสซึม และจากหลังการจัดการเรียนรู้ นักเรียนร้อยละ 55.17 มีมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ถูกต้อง นักเรียนสามารถอธิบายได้ว่า การแบ่งเซลล์มีทั้งการแบ่งนิวเคลียสและแบ่งไซโทพลาสซึม โดยเมื่อเสร็จสิ้นการแบ่งนิวเคลียส จะมีการแบ่งไซโทพลาสซึมตามมาเสมอ

1.2 ฮอโมโลกัสโครโมโซม เซลล์ดิพลอยด์ เซลล์แฮพลอยด์

ก่อนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนร้อยละ 48.28 มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน โดยอธิบายว่าโครโมโซมที่มีลักษณะเป็น 2 แท่ง มี 1 โครมาทิด และโครโมโซมที่เป็นแท่งสามารถเรียกอีกแบบว่าโครมาทินได้ อีกทั้งนักเรียนยังสับสนตำแหน่งของเซนโทรเมียร์และเทโลเมียร์ และมีการอธิบายว่าแฮพลอยด์ คือโครมาทิน 2 แท่งและดิพลอยด์มีโครมาทิน 1 แท่ง และหลังการจัดการเรียนรู้ นักเรียนร้อยละ 55.17 มีมโนทัศน์วิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ โดยนักเรียนสามารถอธิบายลักษณะของโครโมโซม จำนวนชุดโครโมโซมได้ถูกต้องบางส่วนแต่ไม่มีส่วนผิดหรือคลาดเคลื่อน

1.3 วัฏจักรเซลล์

ก่อนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนร้อยละ 44.83 มีมโนทัศน์วิทยาศาสตร์บางส่วนถูกต้อง และคลาดเคลื่อนบางส่วน โดยอธิบายว่า วัฏจักรเซลล์เป็นขั้นตอนที่เซลล์ต้องมีการเตรียมความพร้อมก่อนการแบ่งเซลล์ และประกอบด้วยการแบ่งนิวเคลียสทั้งแบบไมโทซิสและไมโอซิส และหลังการจัดการเรียนรู้พบว่า นักเรียนร้อยละ 62.07 มีมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ถูกต้อง โดยสามารถอธิบายได้ว่า วัฏจักรเซลล์ประกอบด้วยระยะอินเตอร์เฟส และระยะที่มีการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิส เนื่องจากเซลล์ที่ได้จากการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิสสามารถเข้าสู่วัฏจักรเซลล์ได้อีกขึ้นกับชนิดของเซลล์

1.4 การเปลี่ยนแปลงนิวเคลียสในการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส

ก่อนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 65.52 มีมโนทัศน์วิทยาศาสตร์บางส่วนถูกต้องและคลาดเคลื่อนบางส่วน โดยพิจารณาจากภาพวาดและคำตอบด้วยการบรรยายในแต่ละขั้นตอน นักเรียนสามารถอธิบายขั้นตอนการแบ่งเซลล์ในแต่ละระยะได้ถูกต้องแต่มีบางส่วนที่คลาดเคลื่อนเช่น เยื่อหุ้มนิวเคลียสจะสลายหมดไปตั้งแต่ระยะอินเตอร์เฟส เส้นใยสปินเดิลมีการเริ่มสร้างตั้งแต่ระยะอินเตอร์เฟส และสับสนเกี่ยวกับจำนวนของโครโมโซมในแต่ละระยะ เป็นต้น และหลังการจัดการเรียนรู้พบว่า นักเรียนร้อยละ 51.72 มีมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ถูกต้อง ซึ่งพิจารณาจากภาพวาดของการเปลี่ยนแปลงนิวเคลียสแบบไมโทซิสที่นักเรียนวาดและคำตอบด้วยการบรรยายในแต่ละขั้นตอนเช่นเดียวกัน

1.5 การเปลี่ยนแปลงนิวเคลียสในการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส

ก่อนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนร้อยละ 37.93 มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน โดยพิจารณาจากภาพวาดและคำตอบด้วยการบรรยายในแต่ละขั้นตอน ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนเช่น อธิบายว่าการแลกเปลี่ยนชิ้นส่วนกัน



.....
ของโครโมโซมเกิดในระยะ ไมโอซิส II นักเรียนยังสับสนเกี่ยวกับซิสเตอร์โครมาทิดที่ถูกแยกออกจากกันในไมโอซิส II ว่าเกิดในไมโอซิส I และเข้าใจว่าการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโอซิสเป็นการแบ่งเซลล์ที่มีการเพิ่มจำนวนแบบทวีคูณ แต่หลังการจัดการเรียนรู้พบว่า นักเรียนร้อยละ 41.38 มีโมทัศน์วิทยาศาสตร์ถูกต้อง นักเรียนสามารถวาดภาพและอธิบายขั้นตอนการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโอซิสได้อย่างถูกต้อง เข้าใจจำนวนโครโมโซม การแยกกันของฮอมอโลกัสโครโมโซมและซิสเตอร์โครมาทิดในแต่ละระยะได้อย่างถูกต้อง

ตอนที่ 2 ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 6 ขั้น

ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบสอบถามความพึงพอใจ หลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 6 ขั้นโดยภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.40$, S.D.= 0.60) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด 5 หัวข้อ คือ ผู้สอนแจ้งจุดประสงค์ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้นักเรียนทราบ ($\bar{X} = 4.69$, S.D.= 0.47) ผู้สอนเปิดโอกาสให้ซักถาม แสดงความคิดเห็น ร่วมกันอภิปรายคำตอบ ($\bar{X} = 4.59$, S.D.= 0.50) ผู้สอนมีการเตรียมการสอนเป็นอย่างดี ($\bar{X} = 4.59$, S.D.= 0.50) ผู้เรียนสามารถนำความรู้มาเชื่อมโยงกับองค์ความรู้ในศาสตร์อื่นได้ ($\bar{X} = 4.69$, S.D.= 0.47) และการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้นำความรู้ทางชีววิทยามาใช้ ($\bar{X} = 4.40$, S.D.= 0.41) ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 2 ดังนี้

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 6 ขั้น

หัวข้อประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
1. ผู้สอนแจ้งจุดประสงค์ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้นักเรียนทราบ	4.69	0.47	มากที่สุด
2. ผู้สอนมีการกระตุ้นให้นักเรียนได้คิดค้นคว้าแสวงหาความรู้	4.14	0.58	มาก
3. ผู้สอนเปิดโอกาสให้ซักถาม แสดงความคิดเห็น ร่วมกันอภิปรายคำตอบ	4.59	0.50	มากที่สุด
4. ผู้สอนให้คำปรึกษาในการทำกิจกรรม	4.28	0.65	มาก
5. ผู้สอนมีการเตรียมการสอนเป็นอย่างดี	4.59	0.50	มากที่สุด
6. ผู้เรียนมีอิสระในการแสดงความคิดเห็นและรับฟังความคิดเห็นของอื่น	4.24	0.69	มาก
7. ผู้เรียนได้วิเคราะห์ปัญหา สร้างวิธีการแก้ปัญหาตามความสนใจ	4.31	0.66	มาก
8. ผู้เรียนสามารถนำความรู้มาเชื่อมโยงกับองค์ความรู้	4.69	0.47	มากที่สุด



หัวข้อประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
ในศาสตร์อื่นได้			
9. ผู้เรียนมีการอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้ทั้งภายในกลุ่มและนอกกลุ่ม	4.45	0.63	มาก
10. ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการนำเสนอ	4.24	0.69	มาก
11. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ใช้ทรัพยากรในห้องเรียน และมีความคุ้มค่า	4.07	0.80	มาก
12. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้ผู้เรียนเกิดการบูรณาการความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์	4.21	0.68	มาก
13. การจัดการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้นำความรู้ทางชีววิทยามาใช้	4.79	0.41	มากที่สุด
14. กิจกรรมการจัดการเรียนรู้มีวิธีประเมินผลที่เหมาะสม	4.45	0.63	มาก
15. ผู้เรียนได้นำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน	4.28	0.70	มาก
รวม	4.40	0.60	มาก

2. ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางการสะเต็มศึกษาด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 6 ขั้น

โดยภาพรวมของความพึงพอใจในอยู่ในระดับมาก ($M = 4.40$, $S.D. = 0.60$) จากข้อมูลการสัมภาษณ์นักเรียนระบุว่า นักเรียน A15 “กิจกรรมมีความสนุก ช่วยให้เราสามารถนำความรู้ที่ได้เรียนมาใช้ในการสร้างชิ้นงาน ทำให้จดจำและเข้าใจเนื้อหาการเรียนรู้ได้ดียิ่งขึ้น” นักเรียน A 22 “ผมเข้าใจเรื่องการแบ่งเซลล์ได้ดียิ่งขึ้น ได้เรียนรู้และรู้จักเพื่อนต่างกลุ่ม แบ่งงานกันทำงาน เรียนรู้การวางแผนการทำงาน การออกแบบโมเดลการแบ่งเซลล์ และอยากให้มีเวลายาวนานในการทำกิจกรรมมากกว่านี้” และนักเรียน A25 “ตอนแรกคิดว่ากิจกรรมไม่น่าสนใจและน่าจะยาก แต่หลังจากเรียนไปแล้ว กลับพบว่ากิจกรรมสนุกมากค่ะ ช่วยให้หนูได้เรียนรู้เรื่องเซลล์ได้เข้าใจง่ายมาก ๆ และยังช่วยให้หนูสามารถออกแบบที่จะสร้างโมเดลได้ดีขึ้นด้วย”



อภิปรายผลการวิจัย

1. โมทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง การแบ่งเซลล์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 6 ขั้น มีโมทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ถูกต้องเพิ่มขึ้นในทุกโมทัศน์หลัก ผู้วิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 6 ขั้น ในแต่ละขั้นของการจัดการเรียนรู้เปิดโอกาสให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย นักเรียนได้แสวงหาความรู้ และได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านการลงมือทำกิจกรรม มีการนำองค์ความรู้มาเชื่อมโยงเข้ากับการสร้างนวัตกรรม ส่งผลให้เกิดโมทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องสูงขึ้น โดยเริ่มจากขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ ขั้นนี้ครูสร้างความสนใจของผู้เรียนด้วยกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การถามคำถามเพื่อทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนเพื่อให้ นักเรียนได้นำความรู้เหล่านั้นมาเชื่อมโยงกับความรู้ใหม่ และเป็นการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนว่าอยู่ในระดับไหนได้อีกด้วย เป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและมีความต้องการในการเรียนรู้ และนำคำถามหรือสถานการณ์ปัญหาที่ได้รับจากครูผู้สอนเพื่อไปแสวงหาคำตอบต่อไป จากนั้นขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจเป็นขั้นที่ผู้เรียนสืบเสาะ แสวงหาคำตอบจากคำถามหรือสถานการณ์ปัญหาจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ทำให้ผู้เรียนค้นพบองค์ความรู้ เป็นการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย สามารถนำประสบการณ์ความรู้เดิมมาเชื่อมโยงกับความรู้ใหม่ที่ได้รับ ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดโมทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบาย เป็นขั้นที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้นำองค์ความรู้มาร่วมกันอธิบาย แลกเปลี่ยนเรียนรู้ องค์ความรู้ที่ผู้เรียนได้ค้นพบ ผู้สอนสามารถตรวจสอบโมทัศน์ของผู้เรียน เป็นการส่งเสริมความเข้าใจในโมทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ให้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น ขั้นที่ 4 ขั้นวิศวกรรม เป็นขั้นที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้นำองค์ความรู้ที่ได้รับมาสร้างสรรค์ชิ้นงาน ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดการเชื่อมโยงและมองเห็นภาพการประยุกต์ใช้องค์ความรู้ในหลายสาขามาสร้างสรรค์นวัตกรรมหรือชิ้นงาน ขั้นที่ 5 ขั้นปรับปรุง เป็นขั้นที่ผู้เรียนนำชิ้นงานหรือนวัตกรรมมาทดสอบประสิทธิภาพและนำไปปรับปรุงแก้ไขให้ได้ผลลัพธ์ที่ดียิ่งขึ้น และสุดท้ายขั้นที่ 6 ขั้นประเมิน เป็นขั้นที่ผู้สอนประเมินผู้เรียนหลังการทำกิจกรรม เช่น โมทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ชิ้นงาน และทักษะอื่น ๆ จะเห็นได้ว่าวัฏจักรการเรียนรู้ 6 ขั้น สามารถส่งเสริมโมทัศน์ของผู้เรียนให้ถูกต้องตามหลักของโมทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (Burke, 2014) ได้อธิบายเพิ่มเติมว่า การบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ 6 ขั้น ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาผลสัมฤทธิ์และโมทัศน์ของนักเรียนให้ดียิ่งขึ้น กระตุ้นความสนใจในการเรียนรู้ของนักเรียน และเพิ่มความสนใจต่อสะเต็มศึกษาของนักเรียนให้สูงขึ้น เช่นเดียวกับ (Stohlmann, Moore and Roehrig, 2012) กล่าวว่า การบูรณาการสะเต็มศึกษาเป็นวิธีการที่ช่วยเชื่อมโยงการเรียนรู้ให้กับนักเรียนและยังสามารถนำองค์ความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันของนักเรียนได้อีกด้วย ในขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักร 6 ขั้น นักเรียนจะต้องค้นหาโมทัศน์ของตนเองผ่านกิจกรรมต่าง ๆ ของการสืบเสาะหาความรู้ผ่านการแนะนำและอำนวยความสะดวกของผู้สอน เริ่มจากการกระตุ้นของผู้สอนด้วยคำถามหรือปัญหา เพื่อนำไปสู่การค้นหาคำตอบและการสร้างความรู้ด้วยตนเองของนักเรียน เมื่อนักเรียนมีโมทัศน์แล้ว จะนำไปสู่การสร้างสรรค์ชิ้นงานเพื่อเป็นตัวแทนของโมทัศน์โดยมีการนำขั้นวิศวกรรมมาใช้ในการออกแบบและสร้างชิ้นงาน เพื่อเป็นการนำองค์ความรู้มาใช้ในการสร้างชิ้นงาน (Kaniawati and Suryadi, 2016) โดยเฉพาะขั้นวิศวกรรม ผู้วิจัยพบว่า เป็นขั้นที่พัฒนามโนทัศน์ของผู้เรียนให้สูงขึ้นเนื่องจากมีการนำองค์



.....
ความรู้มาใช้ในการสร้างชิ้นงาน เป็นการแปลงมโนทัศน์ให้ออกมาเป็นรูปธรรม นักเรียนสามารถมองเห็นภาพ ทำให้เกิด
ความเข้าใจในเนื้อหาบทเรียนมากยิ่งขึ้น

เมื่อพิจารณาแยกเป็นรายมโนทัศน์หลัก พบว่า มโนทัศน์หลักที่ 1 ชนิดและความสำคัญของการแบ่งเซลล์
พบว่า หลังเรียนนักเรียนมีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์เพิ่มขึ้น ร้อยละ 41.38 โดยตัวอย่างข้อมูลจาก
การสัมภาษณ์ พบว่า ผู้เรียนเข้าใจชนิดของการแบ่งเซลล์ ทราบความสำคัญของการแบ่งเซลล์ แต่เขียนอธิบายเนื้อหา
บางส่วนตามความเข้าใจของตนเองซึ่งเป็นคำตอบที่ถูกต้องแต่ยังไม่ตรงตามมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมด
สอดคล้องกับ (Ozcan, Ozay and Oztas, 2012) พบว่า มโนทัศน์หลักที่ 2 ฮอโมโลกัสโครโมโซม เซลล์ดิพลอยด์
เซลล์แฮพลอยด์ พบว่า หลังเรียนนักเรียนมีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์มากที่สุดร้อยละ 17.24
โดยตัวอย่างข้อมูลจากการสัมภาษณ์พบว่า ผู้เรียนเข้าใจถึงลักษณะของโครโมโซม จำนวนชุดโครโมโซม และมีบาง
มโนทัศน์ที่ผู้เรียนเขียนอธิบายซึ่งถูกต้องตามหลักมโนทัศน์อย่างน้อยหนึ่งมโนทัศน์แต่ไม่มีส่วนผิด เช่น คำตอบของ
นักเรียนมโนทัศน์ย่อยเรื่อง ฮอโมโลกัสโครโมโซม คือโครโมโซมคู่เหมือนจากเซลล์ร่างกายของมนุษย์ 1 เซลล์ซึ่งมี
โครโมโซมทั้งหมด 46 โครโมโซม จำนวนโครโมโซมมีลักษณะเหมือนกัน 2 ชุด เขียนแทนด้วย $2n$ เป็นต้น สอดคล้อง
กับ (Kindfield, 1991) พบว่าในหัวข้อโครโมโซมเป็นหัวข้อที่นักเรียนยังสับสนในเรื่องการแบ่งเซลล์ มโนทัศน์หลักที่
3 วัฏจักรเซลล์ พบว่า หลังเรียนนักเรียนมีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ ร้อยละ 24.14 โดยตัวอย่างข้อมูล
จากการสัมภาษณ์พบว่า นักเรียนที่มีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ เข้าใจว่า วัฏจักรของเซลล์ประกอบด้วย
ระยะอินเตอร์เฟส ระยะ M phase และการแบ่งไซโทพลาสซึม โดยที่แต่ละระยะใช้ระยะเวลาแตกต่างกันออกไป
ขึ้นอยู่กับกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น และการแบ่งเซลล์เกิดจากการแบ่งของเซลล์แม่จนได้เซลล์ลูกตามชนิดของ
การแบ่งเซลล์ เป็นต้น สอดคล้องกับ ศศิเทพ ปิติพรเทพิน, สุรเดช ศรีธา, กฤษณา โภคพันธ์ และกฤษณา ชินสิญจน์
(Pitipornatapin, Sritha, Pokpun and Shinnasin, 2012) กล่าวว่า นักเรียนอธิบายแค่เพียงการเปลี่ยนแปลงของ
เซลล์จากเซลล์แม่จนกระทั่งได้เซลล์ลูกได้ แต่ไม่ได้มีการกล่าวเกี่ยวกับความสามารถในการแบ่งเซลล์ของเซลล์ลูก
ต่อไปได้อีก มโนทัศน์หลักที่ 4 การเปลี่ยนแปลงนิวเคลียสในการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส พบว่า หลังเรียนนักเรียนมี
มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ถูกต้องสูงที่สุด ร้อยละ 51.72 รองลงมาคือ มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ ร้อยละ
27.59 โดยตัวอย่างข้อมูลจากการสัมภาษณ์พบว่า นักเรียนที่มีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ นักเรียนอธิบาย
ว่า ในระยะเมตาเฟสโครโมโซมมาเรียงตัวบริเวณกลางเซลล์ทันทีหลังจากสิ้นสุดระยะโพรเฟส โดยอาศัยการทำงานของ
ของเส้นใยสปินเดิลไฟเบอร์ ซึ่งเป็นเส้นใยที่เกิดบริเวณเซนทริโอล โดยในเซลล์พืชจะไม่พบเซนทริโอลแต่จะพบ
โพลาร์บอดี ที่สามารถสร้างเส้นใยสปินเดิล เป็นต้น มโนทัศน์หลักที่ 5 การเปลี่ยนแปลงนิวเคลียสในการแบ่งเซลล์
แบบไมโทซิส พบว่า หลังเรียนนักเรียนมีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ถูกต้องสูงที่สุด ร้อยละ 41.38 รองลงมาคือ
มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์บางส่วนถูกต้องและบางส่วนคลาดเคลื่อน ร้อยละ 20.69 โดยตัวอย่างข้อมูล
จากการสัมภาษณ์พบว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์บางส่วนถูกต้องและบางส่วนคลาดเคลื่อน นักเรียนอธิบายว่า นักเรียน
เข้าใจขั้นตอนของการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส แต่ยังสับสนเกี่ยวกับข้อมูลของจำนวนโครโมโซมไม่ถูกต้อง สอดคล้อง
กับ ขวัญฤทัย เทียงจันทราทิพย์, พินิจ ขำวงษ์ม กมลวรรณ กันยาประสิทธิ์ และสุทธิดา จำรัส
(Thiangchanthathip, Khumwong, Kanyaprasith and Chamrat, 2016) พบว่า นักเรียนอธิบายขั้นตอน
ในการแบ่งนิวเคลียสได้ แต่ไม่สามารถระบุการเพิ่มหรือลดจำนวนโครโมโซมได้อย่างถูกต้อง



2. ความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 6 ขั้น ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่า กิจกรรมได้ส่งเสริมให้นักเรียนได้นำความรู้มาใช้ในการสร้างสรรค์ชิ้นงานหรือนวัตกรรม เป็นการทบทวนความรู้ ทำให้นักเรียนเข้าใจในเนื้อหาของหัวข้อการแบ่งเซลล์ได้ดียิ่งขึ้น อีกทั้งกิจกรรมยังส่งเสริมให้นักเรียนมีการบูรณาการความรู้จากหลายสาขาเช่น คณิตศาสตร์ วิศวกรรมและเทคโนโลยีมาใช้ นักเรียนมองเห็นภาพความเชื่อมโยงกันของแต่ละสาขา เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนสามารถใช้ทักษะด้านนี้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน นักเรียนเรียนรู้การทำงานเป็นทีม เรียนรู้เพื่อนใหม่ระหว่างกลุ่ม ได้ฝึกการเป็นผู้นำและผู้ตามเรียนรู้ ความแตกต่างของเพื่อนแต่ละคน ช่วยให้นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ที่ดีขึ้น (Besa, 2015) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้วิธีการหนึ่งที่ทำให้นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และยังเป็นส่งเสริมให้นักเรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ตรงตามจุดมุ่งหมายของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ได้อีกด้วย สอดคล้องกับวิชญาพร อ่อนปุย และพิชญภา ตรีวงษ์ (Onpuy and Treewong, 2020) การจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษา (STEM) มีลักษณะการจัดกิจกรรมโดยเปิดโอกาสให้นักศึกษามีอิสระทางความคิด และมีอิสระในการแสดงความคิดเห็น ทั้งลักษณะของรายกลุ่มและรายบุคคล ได้สืบค้นข้อมูลจากสื่อเทคโนโลยีสารสนเทศ ตามความต้องการของผู้เรียน จากแหล่งความรู้ต่าง ๆ อย่างอิสระ ได้ออกแบบและสร้างผลงานตามความคิดของกลุ่มที่ร่วมกัน ออกแบบ คิดวิเคราะห์เพื่อนำไปสู่การทำให้เกิดความภาคภูมิใจ มีความสุข สนุกสนาน มีกำลังใจในการเรียน ซึ่งทำให้ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจและพึงพอใจในการเรียนรู้

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะที่ได้จากการทำวิจัย

จากผลการวิจัย ผู้วิจัยพบว่านักเรียนบางส่วนยังมีโมทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เช่น จำนวนของโครโมโซมในแต่ละระยะของการแบ่งนิวเคลียส รายละเอียดบางส่วนของเหตุการณ์ในแต่ละขั้นของการแบ่งนิวเคลียสทั้งแบบไมโทซิสและไมโอซิส โดยนักเรียนอาจจะต้องใช้ระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นเพื่อทำความเข้าใจและก่อให้เกิดโมทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับนักวิทยาศาสตร์ ผู้สอนจึงอาจมีการวางแผนเรื่องระยะเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เพียงพอ เช่น อาจเพิ่มระยะเวลาในการจัดกิจกรรมออกไปเป็นกิจกรรมละ 4 คาบ เพื่อให้เหมาะสมต่อการทำความเข้าใจของนักเรียนให้มากขึ้น

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ในการทำวิจัยครั้งต่อไป ผู้วิจัยควรศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 6 ขั้น เพื่อพัฒนาทักษะในด้านต่าง ๆ เช่น การทำงานร่วมกัน ความสามารถในการออกแบบเชิงวิศวกรรม ทักษะการคิดต่อสะเต็มศึกษา เป็นต้น

.....
References

- Besa, N. (2015). **Effects of STEM Education Approach on Biology Achievement, Problem Solving Ability and Instructional Satisfaction of Grade 11 Students**. Master of Education Thesis Program in Teaching Science and Mathematics Faculty of Education Prince of Songkla University. (in Thai)
- Burke, B. N. (2014). "THE ITEEA 6E Learning by Design™ Model: Maximizing Informed Design and Inquiry in The Integrative STEM Classroom". **Technology and Engineering Teacher** 73(6): 14-19.
- Bybee, R. W. (2010). "Advancing STEM Education: A 2020 Vision". **Technology and Engineering Teacher** 70(1): 30-35.
- Chocchai, L., Tanak, A. and Saksoong, P. (2014). "The Development of 7th Grade Students' Conception about Cells by Model-based Learning Activities" **In Proceeding of The 52th Kasetsart University Annual Conference** 52(1): 26-33. (in Thai)
- Dikmenli, M. (2010). "Misconceptions of Cell Division Held by Student Teachers in Biology: A Drawing Analysis". **Scientific Research and Essay** 5(2): 235-247.
- Kampeewat, W. (2013). **A Survey on The Secondary School Student's Satisfaction towards The School Management of The Secondary Educational Service Area Office 1 and 2 (Bangkok Area)**. Master of Science Thesis Program in Applied Statistics and Information Technology School of Applied Statistics National Institute of Development Administration. (in Thai)
- Kaniawati, D. and Suryadi, S. (2016). "Integration of STEM Education In Learning Cycle 6E to Improve Problem Solving Skills on Direct". **International Conference on Mathematics, Science, and Education Current Electricity**. [Online]. Retrieved December 15, 2020, from file:///C:/Users/Acer/Desktop/conceptual%20change/13389-Article%20Text-27308-1-10-20170315.pdf.
- Kindfield, A. C. (1991). "Confusing Chromosome Number and Structure: A Common Student Error". **Journal of Biological Education** 25(3): 193-200.
- Lantz, H. B. (2009). **Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education: What Form? What Function?**. [Online]. Retrieved December 15, 2020, from <http://www.curretechintegrations.com/pdf/STEMEducationArticle.pdf>
- Onpuy, W. and Treewong, P. (2020). "Development of a Conceptual Teaching Model (STEM) to Improve Students' Analytical Thinking Skills in Mathematics for Preschool Children". **Phetchabun Rajabhat Journal** 22(1): 77-86. (in Thai)



- Ozcan, T., Yildirim, O. and Ozgur, S. (2012). Determining of the University Freshmen Students' Misconceptions and Alternative Conceptions about Mitosis and Meiosis. **Procedia** 46: 3677-3680.
- Oztas, H., Ozay, E. and Oztas, F. (2003). "Teaching Cell Division to Secondary School Students: An Investigation of Difficulties Experienced by Turkish Teachers". **Journal Biology Education** 38(1): 13-15.
- Phanchan, M. (2017). **The Development and Retention of Grade 10 Student's Achievement in Biology on Cell of Living Organism by Scientific Inquiry**. Master of Science Thesis Program in Science Education Graduate School Ubon Ratchathani University. (in Thai)
- Pitipornatapin, S., Sritha, S., Pokpun, K. and Shinnasin, K. (2012). "Enhancing Grade 10 Students' Understanding of The Scientific Concepts of Cell Division by Generating Animations". **KKU Research Journal** 2(1): 115-130. (in Thai)
- Porntrai, S. and Udomsin, C. (2017). "Development of Learning Achievement in Topic of Meiotic Cell Division Using a Science Inquiry-based Hands-on Activity". **Journal of Research on Science, Technology and Environment for Learning** 9(2) : 153-168. (in Thai)
- Prasarnned, P. and Sumranwanich, W. (2013). "Grade 10 Student' Mental Representation about Cell Division through Slow-motion". **Journal of Education Graduate Studies Research** 8(2): 91-98. (in Thai)
- Saenpan, W. (2010) . **Knowledge of Science and Process of Learning Design in Science**. 2nd ed. Bangkok: Ramkhamhaeng University Press. (in Thai)
- Smith, J. and Karr-Kidwell, P. (2000). **The Interdisciplinary Curriculum: A Literary Review and a Manual for Administrators and Teachers**. Retrieved October 22, 2020, from <https://eric.ed.gov/?id=ED443172>.
- Smith, M. U. (1991). "Teaching Cell Division: Student Difficulties and Teaching Recommendations". **Journal of College Science Teaching** 21(1): 28–33.
- Stohlmann, M., Moore, T. and Roehrig, G. (2012). "Consideration for Teaching Integrating STEM Education". **Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)** 2(1) : 28-34.
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology [IPST]. (2013). **IPST Annual Report Summary**. [Online]. Retrieved October 20, 2020, from http://eng.ipst.ac.th/files/AnnualReport_2013_Eng.pdf (in Thai)



-
- Thiangchanthathip, K., Khumwong, P., Kanyaprasith K. and Chamrat, S. (2016). “High School Students’ Conceptions in The Topic of Cell and Cell Division”. **Journal of Education** 27(3): 95 – 110. (in Thai)
- Wandersee, J. H., Mintzes, J. J., and Novak, J. D. (1994). **Research on Alternative Conceptions in Science**. In D. L. Gabel (Eds.), Handbook of Research on Science Teaching and Learning.
- Yokyong, S. and Pitiporntapin, S. (2019). “Development of Grade-10 Students’ Argumentation Skills through Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) Education by 6E Learning Cycle in Topic of Mission of Environmental Conservation”. **Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning** 10(2):183-200. (in Thai)