

การออกแบบกิจกรรมส่งเสริมความสามารถด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณและ
การแก้ปัญหาของผู้เรียนตามแนวคิดการสืบเสาะหาความรู้และบอร์ดเกม

CREATING THE ACTIVITIES PROMOTES STUDENTS' CRITICAL THINKING AND PROBLEM-SOLVING ABILITIES BASED ON INQUIRY AND BOARD GAME CONCEPTS

กฤษณวงศ์ ropic | *Gidsanawong Robru* | ORCID ID: 0009-0009-1658-6548

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไปและชีววิทยา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี จังหวัดอุดรธานี ประเทศไทย | Department of General Science and Biology, Faculty of Education, Udon Thani Rajabhat University, Udon Thani Province, Thailand
Corresponding Author E-mail: Krissanawong4718@gmail.com

อุบลวรรณ เลี้ยวอุดมชัย | *Ubonwan Leawudomchai* | ORCID ID: 0009-0007-5232-5121

ครูชำนาญการ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนอุดรพิทยานุกูล จังหวัดอุดรธานี ประเทศไทย | Professional Teacher, Science and Technology Learning Group Udon Pittayanukoon School, Udon Thani Province, Thailand
E-mail: puiubonwan@gmail.com

คณิสร์ ต้นสินนท์ | *Kanisorn Tonseenon* | ORCID ID: 0009-0005-5359-5663

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะครุศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี จังหวัดอุดรธานี ประเทศไทย | Assistant Professor, Faculty of Education, Udon Thani Rajabhat University, Thailand
E-mail: Kanisron.to@udru.ac.th

Received: (March 29, 2024); Revised: (July 24, 2024); Accepted: (August 17, 2024)

Citation:



กฤษณวงศ์ ropic, อุบลวรรณ เลี้ยวอุดมชัย, และคณิสร์ ต้นสินนท์. (2567). การออกแบบกิจกรรมส่งเสริมความสามารถด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาของผู้เรียนตามแนวคิดการสืบเสาะหาความรู้และบอร์ดเกม. *วารสารวิจัยและนวัตกรรมเพื่อความยั่งยืน (JRIS)*, 1(3), 1-21.

Robru, G., Leawudomchai, U., & Tonseenon, K. (2024). Creating the activities promotes students' critical thinking and problem-solving abilities based on inquiry and board game concepts. *Journal of Research and Innovation for Sustainability (JRIS)*, 1(3), 1-21.

ABSTRACT

This research aims to 1) design a science learning activity on cellular respiration using an inquiry-based approach combined with the board game to enhance students' critical thinking and problem-solving skills, and 2) develop a science learning board game on cellular respiration based on the inquiry-based learning concept. This study employs a mixed-methods research approach. The qualitative method involved a panel of three experts who evaluated the accuracy and appropriateness of the learning activities and the board game. The quantitative method used an appropriateness assessment conducted by three experts. The research findings revealed that 1) the science learning activity on cellular respiration consists of five steps following the 5E inquiry-based instructional model, with a total learning duration of 6 hours, and 2) the board game was rated as highly appropriate ($M=4.08$, $SD=0.45$). The evaluation of the board game's technological quality also indicated a high level of appropriateness ($M=4.13$, $SD=0.47$).

Keywords: critical thinking and problem-solving skills, board game, inquiry-based learning

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง การหายใจในระดับเซลล์ ด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้รวมกับการใช้บอร์ดเกมเพื่อพัฒนาความสามารถด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาของนักเรียน และ 2) สร้างบอร์ดเกมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง การหายใจในระดับเซลล์ ตามแนวคิดการสืบเสาะหาความรู้ การวิจัยนี้ใช้วิธีการวิจัยแบบผสมวิธี วิธีการวิจัยเชิงคุณภาพใช้การประชุมผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องแลพเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้และบอร์ดเกม วิธีการเชิงปริมาณใช้แบบประเมินความเหมาะสมโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เป็นผู้ประเมิน ผลการวิจัยพบว่า 1) กิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง การหายใจระดับเซลล์ มี 5 ขั้นตอน ตามรูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) และระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้รวม 6 ชั่วโมง และ 2) บอร์ดเกมมีความเหมาะสมระดับดีมาก ($M=4.08$, $SD=0.45$) และผลการหาคุณภาพของบอร์ดเกมด้านเทคโนโลยี พบว่า บอร์ดเกมมีความเหมาะสมระดับมาก ($M=4.13$, $SD=0.47$)

คำสำคัญ: ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา, บอร์ดเกม, การสืบเสาะหาความรู้

1. บทนำ

การเรียนรู้ในปัจจุบันต้องปรับเปลี่ยนไปสู่การเรียนรู้ทักษะในศตวรรษที่ 21 เพื่อเตรียมผู้เรียนให้มีความสามารถในการคิด เรียนรู้การทำงาน แก้ปัญหา สื่อสาร และร่วมมือทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้และค้นพบความจริงด้วยตนเอง การใช้บอร์ดเกมในการสอนสามารถพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาได้ นอกจากนี้การใช้บอร์ดเกมยังส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถเลือกรับข้อมูลและตัดสินใจได้ถูกต้อง จากผลคะแนนการทดสอบ PISA ของผู้เรียนไทยปี 2022 ในด้านวิทยาศาสตร์อยู่ที่ระดับ 409.26 ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ยและลดลงในทุกทักษะเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของคะแนนย้อนหลัง 4 ปี ผลคะแนนการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์มีค่าเฉลี่ยลดลงมากกว่า 30 คะแนน และผลคะแนนการทดสอบการอ่านลดลงมากกว่า 60 คะแนน เมื่อเทียบกับผู้เรียนในกลุ่มประเทศ OECD ในกลุ่มประเทศเพื่อนบ้าน เช่น สิงคโปร์ เวียดนาม มาเลเซีย และบรูไน ดังนั้นผู้เรียนไทยยังคงต้องพัฒนาทักษะเหล่านี้อย่างมาก (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2567)

การเปลี่ยนแปลงสู่ศตวรรษที่ 21 ทำให้โลกต้องเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วโดยมีสื่อและเทคโนโลยีเป็นตัวขับเคลื่อน ประชาชนสามารถเข้าถึงข้อมูลข่าวสารได้ง่ายขึ้นผ่านอินเทอร์เน็ต สื่อสิ่งพิมพ์ วิทยุ และโทรทัศน์ การเรียนรู้ในปัจจุบันจึงต้องปรับเปลี่ยนไปสู่การเรียนรู้ทักษะเพื่อศตวรรษที่ 21 (วิจารณ์ พานิช, 2555) ซึ่งเน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ การแก้ปัญหา การสื่อสาร และการร่วมมือกันในการเรียนรู้ กรอบแนวคิดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 นี้ สอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานปี พ.ศ. 2551 ที่ให้ความสำคัญกับการสื่อสารและการคิดของผู้เรียน เมื่อผู้เรียนสามารถสื่อสารได้จะส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ และการคิดอย่างเป็นระบบได้ การเรียนรู้ทักษะเหล่านี้จะช่วยให้ผู้เรียนตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) ดังนั้น ทักษะในศตวรรษที่ 21 จะมีส่วนช่วยเตรียมผู้เรียนให้มีความสามารถในการคิด เรียนรู้ทำงาน แก้ปัญหา สื่อสาร และร่วมมือทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพไปตลอดในการใช้ชีวิต (Kay K, 2012) การเตรียมความพร้อมของผู้เรียนในการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 จำเป็นต้องพัฒนาทักษะ 3Rs + 8Cs คือ การอ่านออก (Reading) เขียนได้ (Writing) และคิดเลขเป็น (Arithmetic) ส่วน 8Cs ประกอบด้วย ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรม ทักษะความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ ทักษะความเข้าใจต่างวัฒนธรรมต่างกระบวนทัศน์ ทักษะการสื่อสารสนเทศและรู้เท่าทันสื่อ ทักษะคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ทักษะอาชีพและการเรียนรู้ และทักษะความมีเมตตา กรุณา มีคุณธรรม และมีระเบียบวินัย

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมุ่งหวังให้ผู้เรียนเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการและมีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ผ่านการสืบเสาะหาความรู้และการแก้ปัญหา ผู้เรียนมีส่วนร่วมในทุกขั้นตอนและทำกิจกรรมปฏิบัติจริงที่เหมาะสมกับระดับชั้น โดยได้กำหนดสาระสำคัญเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์ ซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ ไกลโคลิซิส วัฏจักรเครบส์ และกระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) จากประสบการณ์การสอนที่โรงเรียนอุดรพิทยานุกูล ผู้วิจัยพบว่าผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีความสามารถในการคิดขั้นพื้นฐานแต่ยังขาดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และไม่มีความสุขในการเรียน ผู้เรียนเกิดความสงสัยว่าหลักการ แนวคิด หรือทฤษฎีต่าง ๆ ที่เรียนมาจะนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้อย่างไร และนอกจากนี้ยังส่งผลให้เกิดคำถามว่าการเรียนในเนื้อหาที่มีความยากและซับซ้อนนั้นมีประโยชน์อย่างไร

การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เป็นวิธีหนึ่งที่จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้และค้นพบความจริงด้วยตนเอง (ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2558) โดยเน้นให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้ด้วยตนเองผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (สุวัฒน์ นิยมคำ, 2531) ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดคำถาม ความคิด และลงมือแสวงหาความรู้เพื่อหาคำตอบด้วยตนเอง (ทศนา เขมมณี, 2553) ดังนั้นการสืบเสาะหาความรู้จึงเป็นแนวทางการสอนที่มีลักษณะเป็นระบบ รอบคอบ แต่ยืดหยุ่น และไม่ตายตัว แนวทางการสืบเสาะหาความรู้ นักวิชาการได้เสนอแนะรูปแบบการสอนตามแนวทางการสืบเสาะไว้หลากหลาย แต่รูปแบบที่ได้รับความนิยมมากคือการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5 ขั้นตอน (5E Instruction model) โดยประกอบด้วยขั้นตอนการสอน 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) สร้างความสนใจ (Engagement) 2) สำรวจและค้นหา (Exploration) 3) อธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) 4) ขยายความรู้ (Elaboration) 5) ประเมินความรู้ (Evaluation) (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) แต่อย่างไรก็ตาม การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอต่อการบรรลุจุดมุ่งหมายของการศึกษาในยุคไทยแลนด์ 4.0 การศึกษาในยุคนี้จำเป็นต้องนำเทคโนโลยีใหม่ ๆ มาประยุกต์ใช้ในการสอนและจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อปรับเปลี่ยนเป็นการศึกษา 4.0 ที่ทันสมัยและมีความสอดคล้องกับการจัดการเรียนการสอนในศตวรรษที่ 21 โดยรวมถึงการใช้เทคโนโลยีทางการศึกษาในห้องเรียน (दनัยศักดิ์ กาโร, 2562) ซึ่ง การปรับเปลี่ยนห้องเรียนตามแนวทางการศึกษาในยุคไทยแลนด์ 4.0 และการสอนในศตวรรษที่ 21 จะสามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาได้

การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาเป็นทักษะสำคัญในยุคปัจจุบัน และช่วยให้ผู้เรียนสามารถเลือกรับข้อมูลข่าวสารได้อย่างฉลาด และตัดสินใจได้อย่างถูกต้อง จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยพบว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาได้รับการนำมาใช้สร้างเครื่องมือการเรียนรู้หลากหลายประเภทหนึ่งในเครื่องมือที่สำคัญที่มักถูกนำมาใช้ในปัจจุบัน คือ "บอร์ดเกม" (Board game) ซึ่งถูกนำมาใช้ในการเรียน

การสอน และการฝึกอบรมในองค์กรต่าง ๆ มากขึ้น เนื่องจากบอร์ดเกมสามารถพัฒนาทักษะหลายด้าน เช่น ทักษะ ความอดทน ความมีวินัย การตัดสินใจ การคิดวิเคราะห์ และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Mackay, 2013) ดังนั้นบอร์ดเกมจึงสามารถช่วยเสริมสร้างการเรียนรู้ในประเด็นที่ผู้ออกแบบเกมต้องการให้ผู้เล่นได้เรียนรู้ โดย กระตุ้นการเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติ และสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ร่วมกันผ่านการมีปฏิสัมพันธ์ขณะเล่นเกม อีกทั้งยังช่วยลดอุปสรรคความเหลื่อมล้ำในการเข้าถึงอินเทอร์เน็ตในบางพื้นที่ (Play Academy, 2560)

ดังนั้น จากสภาพปัญหาที่ผู้วิจัยพบและการศึกษาเอกสารเพิ่มเติม ผู้วิจัยจึงสนใจในการค้นหาวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการนำบอร์ดเกมมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิชาชีววิทยา โดยเฉพาะในเรื่องการหายใจ ระดับเซลล์ซึ่งเป็นเนื้อหาที่เข้าใจยากและซับซ้อน เพื่อค้นหาคำตอบของคำถามการวิจัย ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาแนวคิดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องและออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เรื่องการหายใจระดับเซลล์ โดยใช้วิธีการสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้บอร์ดเกม และเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการวิจัยนี้ ผู้วิจัยจะได้ต้นแบบบอร์ดเกมเพื่อนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้วิชาชีววิทยาต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง การหายใจในระดับเซลล์ ด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้บอร์ดเกมเพื่อพัฒนาความสามารถด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาของนักเรียน

2.2 เพื่อสร้างบอร์ดเกมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง การหายใจในระดับเซลล์ ตามแนวคิดการสืบเสาะหาความรู้

3. กรอบแนวคิดการวิจัย

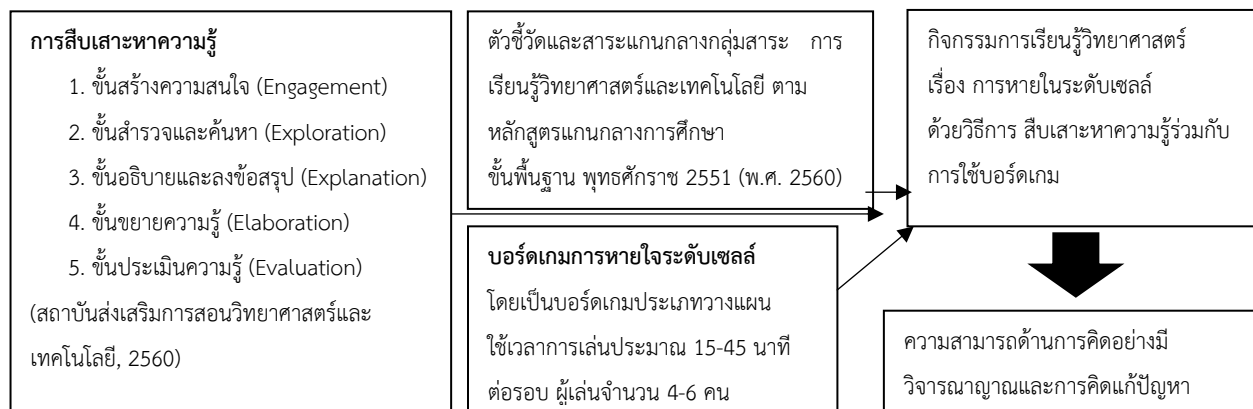
การดำเนินการตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย คือ ออกแบบและสร้างกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง การหายใจในระดับเซลล์ ด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้บอร์ดเกม ผู้วิจัยดำเนินการศึกษาเอกสารเพื่อสร้างกรอบแนวคิดการวิจัยซึ่งประกอบด้วย การสืบเสาะหาความรู้ บอร์ดเกม ความสามารถในการคิดอย่างมี วิจารณญาณ และความสามารถด้านการคิดแก้ปัญหา รายละเอียดดังต่อไปนี้

การสืบเสาะหาความรู้ เป็นการค้นหาคำตอบที่สนใจ ผ่านการทำงานอย่างเป็นระบบ รอบคอบ แต่มีอิสระ และไม่เป็นลำดับขั้นที่ตายตัว เนื่องจากอาจมีการสืบเสาะมีขั้นตอนที่เป็นวัฏจักรและเกิดซ้ำไปมาเพื่อแสวงหาคำตอบของคำถามที่ผู้เรียนต้องการรู้ ในขณะที่ทำกิจกรรมผู้เรียนอาจเกิดคำถามขึ้นมาใหม่ที่ต้องสืบเสาะหาคำตอบต่อไปและเกิดซ้ำวัฏจักร โดยมีขั้นตอนหลัก 5 ขั้นตอน ประกอบไปด้วย 1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) 2)

ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) 4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) และ 5) ขั้นประเมินความรู้ (Evaluation) (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560)

บอร์ดเกมการหายใจระดับเซลล์เป็นสื่อการสอนที่เน้นการสื่อสารและมีส่วนร่วมสูง ผู้เรียนได้รับความสนุกสนานและการเรียนรู้จากการเล่น ซึ่งมีข้อดีคือความท้าทายการเปิดโอกาสให้ลองผิดลองถูกและการตัดสินใจเอง เนื้อหาของเกมตอบสนองความต้องการพื้นฐานของมนุษย์และทำให้ผู้เล่นต้องการเอาชนะผ่านการเล่นที่ต้องใช้การคิดวิเคราะห์และเหตุผลในการพัฒนาความคิดวิจารณ์ญาณและการแก้ปัญหา องค์ประกอบของเกมรวมถึงคู่มือครู บัตรคำสั่ง เนื้อหาที่ผู้เรียนจะได้เรียนรู้ และเครื่องมือวัดผล หลักการออกแบบบอร์ดเกมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่นิยมมีดังนี้ 1) กิจกรรมฝึกทักษะและเจตคติ 2) เนื้อหาสอดคล้องกับหลักสูตร 3) กิจกรรมควรเปิดเสรีในตัวเอง และ 4) การจัดระบบให้ง่ายและสะดวกต่อการใช้งานของครูและผู้เรียน (Galos, 2022; ชัยยงค์ พรหมวงศ์ และคณะ, 2520)

ความสามารถด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของทักษะเพื่อการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 อันมีความสำคัญในการสร้างการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้นในสังคม องค์ประกอบสำคัญของทักษะเหล่านี้ประกอบด้วย 1) การให้เหตุผลอย่างมีประสิทธิภาพ (Reasoning effectively) เป็นการคิดแบบอุปนัย (Inductive) และแบบอนุมาน (Deductive) ตามความเหมาะสมของสถานการณ์ 2) การใช้วิธีคิดเชิงระบบ (System thinking) เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยต่าง ๆ และผลที่เกิดขึ้นในภาพรวม 3) การใช้วิจารณ์ญาณและการตัดสินใจ (Making judgments and decisions) เป็นการวิเคราะห์และประเมินข้อมูลหลักฐาน การโต้แย้ง และการกล่าวอ้าง รวมถึงการสะท้อนผลอย่างรอบคอบ 4) การแก้ปัญหา (Solving problems) เป็นการแก้ปัญหาที่ไม่คุ้นเคยด้วยแนวทางต่าง ๆ และการตั้งคำถามที่สำคัญเพื่อให้เกิดความชัดเจนและนำไปสู่การแก้ปัญหาที่ดีขึ้น (วิจารณ์ พานิชย์, 2555 และ สิริพัชร เจริญชัย, 2563) ได้ระบุองค์ประกอบดังกล่าวตามกรอบแนวคิดในศตวรรษที่ 21 โดยเน้นการให้เหตุผลอย่างมีประสิทธิภาพ การใช้วิธีคิดเชิงระบบ การใช้วิจารณ์ญาณและการตัดสินใจ และการแก้ไขปัญหา ทั้งหมดนี้เป็นทักษะที่สำคัญในการพัฒนาความสามารถของบุคคลในการเผชิญกับความท้าทายในอนาคต



ภาพ 1 กรอบแนวความคิดในการวิจัย

4. วิธีวิจัย

การดำเนินการของผู้วิจัยเป็นไปเพื่อการค้นหาแนวทางการส่งเสริมความสามารถด้านการคิดอย่างมี วิจารณญาณและการแก้ปัญหาของผู้เรียนโดยการใช้วิธีการวิจัยแบบผสมวิธี เชิงคุณภาพ (Mixed-methods research approach) ซึ่งมีการดำเนินการออกแบบและสร้างกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง การหายใจ ระดับเซลล์ โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับบอร์ดเกม ดังต่อไปนี้

4.1 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง การหายใจระดับเซลล์ โดยใช้การสืบเสาะหา ความรู้ร่วมกับบอร์ดเกม

4.1.1 การดำเนินการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การหายใจระดับเซลล์ ตามการสืบเสาะหา ความรู้ร่วมกับบอร์ดเกม ผู้วิจัยดำเนินการดังนี้

4.1.1.1 แผนการจัดการเรียนรู้รายวิชาชีววิทยาพื้นฐาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง การหายใจ ระดับเซลล์ โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับบอร์ดเกม จำนวน 6 ชั่วโมง เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีการจัด กิจกรรมและประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับความรู้ความเข้าใจ เรื่อง การหายใจระดับเซลล์ โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ สะท้อนการคิดแก้ปัญหา (Critical thinking and problem solving) ผ่านกิจกรรมต่าง ๆ ซึ่งมีขั้นตอน การสร้างแผนจัดการเรียนรู้ ดังนี้

1) ศึกษาลักษณะการจัดการเรียนรู้การสืบเสาะหาความรู้ จากเอกสาร ตำรา วารสาร และงานวิจัยซึ่งใน การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ออกแบบแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดของ (ทิตนา แหมมณี, 2553) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)
3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)
4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)
5. ขั้นประเมินความรู้ (Evaluation)

2) ศึกษาเนื้อหาในรายวิชาชีววิทยาพื้นฐาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง การหายใจระดับเซลล์

2.1 ศึกษาตัวชีวิตและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) โดยศึกษามาตรฐานการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม เรื่อง การหายใจระดับเซลล์

2.2 ออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การหายใจระดับเซลล์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ร่วมกับบอร์ดเกม จำนวน 6 ชั่วโมง

2.3 นำแผนการจัดการเรียนรู้เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความเหมาะสม ความตรงของเนื้อหา และรูปแบบการสอน

2.4 นำความคิดเห็นที่ได้จากอาจารย์ที่ปรึกษามาปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้

2.5 นำเสนอแผนการจัดการเรียนรู้ต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและเหมาะสม โดยผู้เชี่ยวชาญเสนอแนะให้ปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ในประเด็นต่อไปนี้ 1) การสร้างความสนใจแก่ผู้เรียน 2) การเชื่อมโยงเนื้อหาเกี่ยวกับชีวิตประจำวัน และ 3) การสรุปและประเมินผลผู้เรียน

2.6 ปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

4.2 การสร้างกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง การหายใจระดับเซลล์ โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับบอร์ดเกม

4.2.1 บอร์ดเกม เรื่อง การหายใจระดับเซลล์ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ผู้วิจัยดำเนินการสร้างและหาคุณภาพดังนี้

4.2.1.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการแก้ปัญหา ร่วมกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551 (ฉบับปรับปรุง 2561) กลุ่มสาระการเรียนรู้รายวิชาพื้นฐาน วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี (ชีววิทยา) ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และหลักสูตรสถานศึกษา โรงเรียนอุดรพิทยานุกูล จังหวัดอุดรธานี

4.2.1.2 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและการพัฒนาบอร์ดเกม (board game) ศึกษาตัวอย่างบอร์ดเกม (board game) ที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายทั้งในประเทศและต่างประเทศ

ได้แก่ เกม Settler of Catan, French and Indian War game, Prisoner Dilemma, Tangram, เกมหมากรุก, เกมเศรษฐี (Monopoly), บอร์ดเกม Avalon และบอร์ดเกม Ticket to ride เป็นต้น

4.2.1.3 กำหนดสถานการณ์เกม เป้าหมายของเกม วัสดุและอุปกรณ์ในการเล่น และการวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องประกอบด้วยคำถามที่สำคัญที่ผู้ออกแบบบอร์ดเกม (board game) ควรถามเพื่อใช้สำหรับพัฒนาบอร์ดเกม (board game) สิ่งนี้ได้รับการดัดแปลงและแก้ไขจาก (Somsuan, 2022) โดยเป็นบอร์ดเกมประเภทวางแผน ใช้เวลาการเล่นประมาณ 15-45 นาทีต่อรอบ ผู้เล่นจำนวน 4-6 คน

4.2.1.4 นำบอร์ดเกม เรื่อง การหายใจระดับเซลล์ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เสนออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อพิจารณาและให้ข้อเสนอแนะ

4.2.1.5 นำบอร์ดเกม เรื่อง การหายใจระดับเซลล์ที่ปรับปรุงแก้ไขตามข้อคิดเห็นของอาจารย์ที่ปรึกษาไปให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสม โดยใช้แบบประเมินบอร์ดเกมตามแนวทางการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ที่มีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า (Rating scale) ตามมาตรวัดของลิเคิร์ต (Likert scale) (ชัชวาลย์ เรื่องประพันธ์, 2539) ใช้เกณฑ์ 5 ระดับ เกณฑ์ในการยอมรับว่ามีคุณภาพ ผู้วิจัยใช้ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไป ซึ่งผลการหาคุณภาพ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา จำนวน 3 ท่าน พบว่าบอร์ดเกมมีความเหมาะสมระดับมาก ($M=4.08$, $SD=0.45$) และผลการหาคุณภาพของบอร์ดเกมด้านเทคโนโลยีทางการศึกษา พบว่า บอร์ดเกมมีความเหมาะสมระดับมาก ($M=4.13$, $SD=0.47$) เช่นเดียวกัน

6. ผลการวิจัย

จากคำถามและวัตถุประสงค์ของการวิจัย ผู้วิจัยดำเนินการออกแบบและสร้างการจัดการเรียนรู้และบอร์ดเกมด้วยวิธีการเชิงคุณภาพ ซึ่งผู้วิจัยจะดำเนินการนำเสนอ 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 การออกแบบกิจกรรมการหายใจระดับเซลล์ ตามการสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับบอร์ดเกม และ ส่วนที่ 2 การสร้างกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง การหายใจระดับเซลล์ โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับบอร์ดเกม รายละเอียดดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 1 การออกแบบกิจกรรมการหายใจระดับเซลล์ ตามการสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับบอร์ดเกมโดยใช้แผนการเรียนรู้ เรื่องการหายใจระดับเซลล์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับบอร์ดเกม โดยเวลา จำนวน 6 ชั่วโมง ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้ 1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) 2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) 3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) 4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) และ 5. ขั้นประเมินความรู้ (Evaluation) มีรายละเอียดดังตาราง 1

ตาราง 1 กิจกรรม การหายใจระดับเซลล์ ตามการสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับบอร์ดเกม

ขั้นการสอน	รายละเอียดกิจกรรม
สร้างความสนใจ (Engagement)	1. จัดผู้เรียนเข้ากลุ่มละความสามารถ (เก่ง-กลาง-อ่อน) กลุ่มละ 5-6 คน จำนวน 4 กลุ่ม 2. ผู้เรียนเล่นเกม การหายใจระดับเซลล์ (การเล่นเกมนี้นี้เพื่อกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนโดยผู้เรียนอาจจะใช้ความรู้เดิมหรืออาจจะไม่ใช้ในการเล่นเกมก็ได้เนื่องจากเป็นการเล่นตามกติกาโดยไม่ต้องเชื่อมโยงกับเนื้อหาวิชาและผู้เรียนจะได้เรียนรู้คำศัพท์ส่วนประกอบหรือทรัพยากรที่ใช้ในการสร้างผลลัพธ์ แต่ยังไม่ได้เรียนรู้เกี่ยวกับกระบวนการสร้างพลังงาน ATP รายละเอียดต่าง ๆ เกี่ยวกับบอร์ดเกมผู้วิจัยนำเสนอไว้ในส่วนที่ 2 ของผลการวิจัย) - ครูอธิบายกติกาพร้อมเชื่อมโยงเข้าเนื้อหาเรื่องการหายใจระดับเซลล์ ด้วยคำถามดังต่อไปนี้ 1. ผู้เรียนคิดว่าอาหารที่เรารับประทานเข้าไปผ่านกระบวนการย่อยอย่างสมบูรณ์แล้วร่างกายนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปใช้ได้อย่างไร? 2. ร่างกายของเรานำสารอาหารเหล่านั้นไปสร้างเป็นพลังงานให้ร่างกายได้อย่างไร? 3. ครูถามคำถามผู้เรียน “หากต้องการสร้าง ATP จะต้องใช้ทรัพยากรอะไรบ้างและอย่างละเท่าไร” แล้วให้ผู้เรียนอภิปรายร่วมกันจากความรู้เดิม
สำรวจและค้นหา (Exploration)	4. ครูมอบหมายหัวข้อให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มตกลงกันเลือกหัวข้อในการสืบค้น รวบรวม และนำเสนอผลการสืบค้นหน้าชั้นเรียน (สืบค้นจากหนังสือเรียนรายวิชาชีววิทยา เล่ม 1 เอกสารประกอบการเรียน เว็บไซต์ หรือห้องสมุดออนไลน์) - การหายใจระดับเซลล์ในภาวะที่มีออกซิเจนเพียงพอ - ไกลโคไลซิส - การสร้างแอซิติลโคเอนไซม์และวัฏจักรเครบส์ - กระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอน 5. แต่ละกลุ่มอภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็น เสนอรูปแบบการนำเสนอข้อมูลตามหัวข้อที่ตนเองได้รับมอบหมาย 6. ผู้เรียนจัดกระทำข้อมูล โดยบันทึกลงในกระดานที่ครูแจกให้
อธิบายและลง ข้อสรุป (Explanation)	7. ผู้เรียนเล่นเกม การหายใจระดับเซลล์ (การเล่นเกมนี้นี้เพื่อให้ผู้เรียนอธิบายผลของการสืบเสาะเกี่ยวกับกระบวนการหายใจระดับเซลล์ที่เชื่อมโยงกับการเล่นเกมการหายใจระดับเซลล์ได้ด้วยการร่วมแลกเปลี่ยนระหว่างผู้เรียนด้วยกันและผู้เรียนกับครู)

ขั้นการสอน	รายละเอียดกิจกรรม
ขยายความรู้ (Elaboration)	9. ครูใช้คำถามในการขยายความรู้ของผู้เรียน “ผู้เรียนคิดว่า สิ่งมีชีวิตจะนำเอาพลังงานงานที่อยู่ในรูปของ NADH และ $FADH_2$ ไปใช้ได้เลยหรือไม่อย่างไร” (ผู้เรียนอาจตอบ ได้หรือไม่ก็ได้ ตามความเข้าใจ) 10. ครูถามคำถามเพิ่มเติม “ผู้เรียนคิดว่าหัวใจและสมองของคนเราได้ผลลัพธ์ของพลังงานเท่ากันหรือไม่ อย่างไร” 11. ครูขยายความรู้เพิ่มเติมจากที่ผู้เรียนตอบคำถาม “NADH 1 โมเลกุลเมื่อถ่ายทอดอิเล็กตรอนแล้วจะปลดปล่อย พลังงานเพียงพอสำหรับการสังเคราะห์ ATP 3 โมเลกุล ส่วน $FADH_2$ ให้เพียง 2 ATP เท่านั้น แต่เนื่องจาก ว่าการถ่ายทอดอิเล็กตรอนจะเกิดในไมโทคอนเดรีย (Mitochondria) เท่านั้น ดังนั้น NADH ที่เกิดจาก ไกลโคลิซิส ในส่วนที่เรียกว่า ไซโทพลาซึม (Cytoplasm) ของเซลล์ จะต้องถูกนำเข้าสู่มิโทคอนเดรีย เพื่อถ่ายทอดอิเล็กตรอน ในเนื้อเยื่อหัวใจ ตับ และไต NADH จะส่งโปรตอนและอิเล็กตรอน ไปยัง NAD^+ ที่อยู่ ภายในไมโทคอนเดรียด้วยกระบวนการที่ซับซ้อน NADH ที่เกิดขึ้นในไมโทคอนเดรีย จะถูกเปลี่ยนให้เป็น ATP โดยการถ่ายทอดอิเล็กตรอนผลลัพธ์ของการถ่ายเทอิเล็กตรอนจึงเท่ากับ 3 ATP ตามเดิม ส่วนในเนื้อเยื่อ กล้ามเนื้อลายสมอง และกล้ามเนื้อที่ใช้ในการบินของแมลง NADH จะส่งโปรตอนและอิเล็กตรอนไปยัง FAD จึงได้พลังงานเพียง 2 ATP ด้วยเหตุผลที่กล่าวมาแล้วผลรวมของการย่อยสลายกลูโคสในเนื้อเยื่อ หัวใจ ตับ และไตจึงอาจมีค่าเท่ากับ $6 \text{ ATP} - 2 \text{ ATP} + 3(10\text{ATP}) + 2(2\text{ATP}) = 38 \text{ ATP}$ ส่วนในเนื้อเยื่อ กล้ามเนื้อลาย สมอง และกล้ามเนื้อที่ใช้ในการบินของแมลงจะมีค่าเท่ากับ $6 \text{ ATP} - 2 \text{ ATP} + 2(2\text{ATP}) + 3(8\text{ATP}) + 2(2\text{ATP}) = 36 \text{ ATP}$ ในการถ่ายทอดอิเล็กตรอนนั้นจะสังเกตได้ว่า ออกซิเจนจะเป็นตัวรับอิเล็กตรอนตัวสุดท้าย นั้นแสดงให้เห็นว่าการที่ร่างกายของเราหายใจเอาออกซิเจนเข้าไปนั้น ก็เพื่อไปใช้ในการถ่ายทอดอิเล็กตรอนนั่นเอง และเมื่อ เราหายใจออกก็เป็นการถ่ายเทเอาของเสียคือ คาร์บอนไดออกไซด์ ที่ได้จากการย่อยสลายสารอาหารออกมา (ในช่วงวัฏจักรเครบส์) เราจึงเรียกการหายใจระดับเซลล์แบบนี้ว่า การหายใจแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic respiration)” ในขั้นตอนนี้จะร่วมกันสังเคราะห์และสร้างการเชื่อมโยงระหว่างสารสนเทศ เหตุผลและข้อโต้แย้งต่าง ๆ เกี่ยวกับวิธีการแก้ไขปัญหา

ขั้นการสอน	รายละเอียดกิจกรรม
ประเมินความรู้ (Evaluation)	10. ผู้เรียนทำแบบทดสอบหลังทำกิจกรรม จำนวน 10 ข้อ (ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 ขึ้นไป) 11. ผู้เรียนและครูร่วมกันสะท้อนผลของการเล่นเกมในส่วนของความถูกต้องของผล การสร้างพลังงาน ATP รวมถึงการเชื่อมโยงกับเนื้อหา การซักถามในส่วนที่สงสัย ครูให้ คำชี้แนะและให้อภิปรายเนื้อหาที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติมร่วมกับผู้เรียน

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการเรียนรู้ เรื่องการหายใจระดับเซลล์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับบอร์ดเกม โดยเวลา จำนวน 6 ชั่วโมง ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

- 1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) มีการจัดผู้เรียนเข้ากลุ่มคละความสามารถ (เก่ง-กลาง-อ่อน) กลุ่มละ 5-6 คน จำนวน 4 กลุ่ม หลังจากนั้นให้ผู้เรียนเล่นเกม การหายใจระดับเซลล์ ซึ่งการเล่นเกมนั้นเพื่อกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนโดยผู้เรียนอาจจะใช้ความรู้เดิมหรืออาจจะไม่ใช้ในการเล่นเกมก็ได้เนื่องจากการเล่นตามกติกาไม่ต้องเชื่อมโยงกับเนื้อหาวิชาและผู้เรียนจะได้เรียนรู้คำศัพท์ ส่วนประกอบหรือทรัพยากรที่ใช้ในการสร้างผลลัพท์ แต่ยังไม่ได้เรียนรู้เกี่ยวกับกระบวนการสร้างพลังงาน ATP
- 2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) ขั้นนี้ครูตั้งคำถามเกี่ยวกับการสร้างพลังงาน ATP อีกทั้งผู้เรียนมีการสืบค้นและระดมความคิดภายในกลุ่มเพื่อพิจารณาหาวิธีการที่เป็นไปได้ที่จะสามารถนำมาแก้ปัญหา
- 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) การเล่นเกมในขั้นนี้เพื่อให้ผู้เรียนอธิบายผลของการสืบเสาะเกี่ยวกับกระบวนการหายใจระดับเซลล์ที่เชื่อมโยงกับการเล่นเกมการหายใจระดับเซลล์ได้ด้วยการร่วมแลกเปลี่ยนระหว่างผู้เรียนด้วยกันและผู้เรียนกับครู
- 4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) ในขั้นตอนนี้จะร่วมกันสังเคราะห์และสร้างการเชื่อมโยงระหว่างสารสนเทศ เหตุผลและข้อโต้แย้งต่าง ๆ เกี่ยวกับวิธีการแก้ไขปัญหา และ
- 5) ขั้นประเมินความรู้ (Evaluation) ในขั้นนี้ผู้เรียนทำแบบทดสอบหลังทำกิจกรรม รวมถึงผู้เรียนและครูร่วมกันสะท้อนผลของการเล่นเกมในส่วนของความถูกต้องของผลการสร้างพลังงาน ATP รวมถึงการเชื่อมโยงกับเนื้อหา

ส่วนที่ 2 บอร์ดเกม เรื่อง การหายใจระดับเซลล์

Somsuan (2022) ได้พัฒนาบอร์ดเกม เรื่อง การหายใจระดับเซลล์ นี้ และผู้วิจัยทดลองใช้แล้วพบว่ามีความเหมาะสมกับบริบทอื่นซึ่งมีบางส่วนยังไม่เหมาะสมกับบริบทของผู้วิจัย เพื่อให้เหมาะสมกับบริบทของผู้เรียนและโรงเรียนที่ผู้วิจัยสอนอยู่จึงได้พัฒนาพัฒนาบอร์ดเกม เรื่อง การหายใจระดับเซลล์ขึ้นใหม่ ผลการพัฒนา มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

เกมนี้ใช้ผู้เล่นจำนวน 4-6 คน ใช้เวลา 15-45 นาที เป้าหมายในการเล่นต้องนำทรัพยากรที่มีอยู่มาสร้าง ATP ให้ได้มากที่สุด เงื่อนไขในการชนะ คือ ผู้ที่ได้คะแนนมากที่สุดจะได้เป็นผู้ชนะ โดยคะแนนมาจาก

การตอบคำถามและการนับคะแนนจากผลลัพธ์สุดท้ายของการเล่นเกม รายละเอียด การตั้งค่าเกม การจบเกม และการนับคะแนน รายละเอียดดังภาพ 2



ภาพ 2 กติกาการเล่นเกมการหายใจระดับเซลล์

ขั้นตอนการเตรียมเล่นเกม

1. ก่อนเริ่มเกม ผู้เล่นแยกกองการ์ดแต่ละชนิดออกจากกัน จากนั้นนำการ์ดวางไว้บนโต๊ะ ได้แก่ Glucose, 2ATP, 2NADH⁺H⁺, 6NADH⁺H⁺, 2CO₂, 4CO₂, 2FADH₂, 2Coenzyme A และการ์ดกองพิเศษซึ่งประกอบด้วย 3 ประเภท ได้แก่

- การ์ดประเภทเก็บไว้ในมือได้ ได้แก่ การ์ดย้อนกลับ, การ์ดข้ามคนต่อไป, การ์ดยกเลิกผลของการ์ด, การ์ดขโมยไฟเพื่อน 1 ใบ

- การ์ดประเภทได้แล้วใช้ทันที ได้แก่ การ์ดทุกคนสลับไฟในมือไปทางขวา, การ์ดทุกคนสลับไฟไปทางซ้าย, การ์ดทุกคนทิ้งการ์ดในมือทั้งหมด

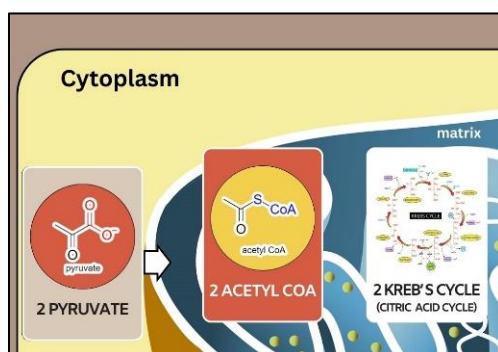
- การ์ดประเภทคำถามเมื่อได้คอมโบแล้ว ซึ่งมีจำนวนทั้งหมด 24 ใบ ได้แก่

- 1) การ์ดคำถามเกี่ยวกับขั้นตอนการได้มาของ 2 pyruvate จำนวน 12 ใบ
- 2) การ์ดคำถามเกี่ยวกับขั้นตอนการได้มาของ 2 Acetyl CoA จำนวน 7 ใบ
- 3) การ์ดคำถามเกี่ยวกับขั้นตอนการได้มาของ 2 Kreb's cycle จำนวน 5 ใบ

2. นำกองการ์ด 2pyruvate, 2 Acetyl CoA และ 2 Kreb's cycle วางไว้ที่บอร์ด และเลือกผู้เล่นคนแรกโดยให้สมาชิกในกลุ่มตกลงกัน รายละเอียดการ์ดและการจัดวาง รายละเอียดดังภาพ 3 และ 4



ภาพ 3 A. การ์ดแต่ละชนิด, B.การ์ด 2pyruvate, 2 Acetyl CoA และ2 Kreb's cycle และ C. การ์ดกองพิเศษ



ภาพ 4 การจัดวางการ์ด 2pyruvate, 2 Acetyl CoA และ 2 Kreb's cycle ไว้บนบอร์ด

ขั้นตอนการเล่นเกม (ต่อ)

3. ในการเริ่มเกม ให้ผู้เล่นในกลุ่มลงความเห็นเลือกผู้เล่นคนแรกภายในกลุ่ม
4. การจะทำคอมโบการ์ดคอมโบใดได้ผู้เล่นจะต้องมีการ์ดพื้นฐานที่จำเป็นของคอมโบนั้นก่อน

เท่านั้น เช่น

- หากไม่มี 2 pyruvate ก็ไม่สามารถสร้าง 2 Acetyl CoA ได้

- 1 การ์ดพื้นฐาน สามารถใช้ได้ครั้งเดียวเท่านั้น เช่น หากมี 2 Pyruvate เพียงคอมโบเดียว ก็สามารถสร้าง 2 Acetyl CoA ได้เพียง 1 คอมโบเท่านั้นไม่สามารถนำ 2 Pyruvate เดิมมาสร้าง 2 Acetyl CoA กระบวนการใหม่ได้ ดังภาพ 5

การ์ดพื้นฐาน	คอมโบการ์ด	ผลัพธ์	คะแนน
—	GLUCOSE 2 NADH ⁺ 2 ATP	2 PYRUVATE	2 ATP = 2 คะแนน 2 NADH ⁺ = 2 x 2.5 = 5 คะแนน 2U = 2 x 3 = 6 คะแนน
2 PYRUVATE	3 CO ₂ 2 NADH ⁺ 2 COENZYME A	2 ACETYL COA	2 NADH ⁺ = 2 x 2.5 = 5 คะแนน
2 ACETYL COA	4 CO ₂ 6 NADH ⁺ 2 FADH ₂ 2 ATP	2 KREB'S CYCLE	2 ATP = 2 คะแนน 6 NADH ⁺ = 6 x 2.5 = 15 คะแนน 2 FADH ₂ = 2 x 1.5 = 3 คะแนน 2U = 2 x 3 = 6 คะแนน

ภาพ 5 การทำคอมโบการ์ด

5. ผู้เล่นสามารถเล่นการ์ดบนมือก็ได้โดยเมื่อใช้คอมโบการ์ดผู้เล่นจำเป็นต้องพูดชื่อสารตั้งต้นของกระบวนการนั้น ๆ เพื่อเล่นการ์ด

6. เมื่อผู้เล่นเล่นคอมโบการ์ดสำเร็จจะหยิบการ์ดจากบนบอร์ดมาวางบนกองสารตั้งต้นของคอมโบนั้น ๆ และจะได้การ์ดพิเศษเป็นโบนัสของการทำคอมโบ

7. เมื่อผู้เล่นสร้างคอมโบสำเร็จและรับโบนัสโดยการหยิบการ์ดพิเศษเรียบร้อยแล้ว หากผู้เล่นต้องการเพิ่มคะแนนของตน ผู้เล่นสามารถหยิบการ์ดพิเศษประเภทคำถามและต้องตั้งคำถามนั้นให้ถูกต้องจึงจะได้คะแนน มีรายละเอียด ดังนี้

- เมื่อสร้างคอมโบ 2 pyruvate สำเร็จแล้ว สามารถหยิบการ์ดพิเศษประเภทคำถามเกี่ยวกับขั้นตอนการได้มาของ 2 pyruvate ในการ์ดจะมีหมายเลขคำถามตั้งแต่ 1- 12

- เมื่อสร้างคอมโบ 2 Acetyl CoA สำเร็จแล้ว สามารถหยิบการ์ดพิเศษประเภทคำถามเกี่ยวกับขั้นตอนการได้มาของ 2 Acetyl CoA ในการ์ดจะมีหมายเลขคำถามตั้งแต่ 13-19

- เมื่อสร้างคอมโบ 2 Kreb's cycle สำเร็จแล้ว สามารถหยิบการ์ดพิเศษประเภทคำถามเกี่ยวกับขั้นตอนการได้มาของ 2 Kreb's cycle ในการ์ดจะมีหมายเลขคำถามตั้งแต่ 20-24

8. เมื่อสร้างคอมโบใด ๆ สำเร็จแล้ว สามารถหยิบการ์ดพิเศษประเภทคำถามเกี่ยวกับขั้นตอนการได้มาของของผลิตภัณฑ์นั้น ในการ์ดจะมีหมายเลขคำถามตั้งแต่ 1- 24

- ให้ผู้เล่นสามารถเลือกตอบได้ 1 ใบ และเมื่อผู้เล่นเลือกหยิบการ์ดแล้ว
- ให้ผู้เล่นคนใดคนหนึ่งในวง (ยกเว้นผู้เล่นที่ทำคอมโบนั้นสำเร็จ) หยิบการ์ดเฉลยตามหมายเลขที่ผู้เล่นทำคอมโบสำเร็จได้เลือก

ตัวอย่างเช่น

“เมื่อผู้เล่นคนที่ทำคอมโบ 2 pyruvate สำเร็จ และรับโบนัสโดยการหยิบการ์ดพิเศษเรียบร้อยแล้ว ผู้เล่นคนนี้จะเลือกหยิบการ์ดพิเศษหมายเลข 1 ให้ผู้เล่นคนใดคนหนึ่งในวง (ยกเว้นผู้เล่นที่ทำคอมโบนั้นสำเร็จ) หยิบการ์ดเฉลยหมายเลข 1”

- หากผู้เล่นตอบถูกต้องทั้งหมดหรือบางส่วนตามการ์ดเฉลยจะได้ คะแนน 1 คะแนน และถ้าผู้เล่นตอบไม่ตรงกับเฉลย จะไม่ได้คะแนนในส่วนนี้

- ผู้เล่นในวงสามารถโต้แย้งคำตอบของผู้สร้างคอมโบสำเร็จได้หากคำตอบนั้นไม่ถูกต้อง และผู้โต้แย้งสามารถขอสิทธิ์ในการตอบจากผู้สร้างคอมโบสำเร็จได้ และคะแนนนั้นจะเป็นของผู้โต้แย้ง

9. หากผู้เล่นพูดสารตั้งต้นไม่ครบ ผู้เล่นคนอื่นจะสามารถขโมยคอมโบนั้นเป็นของตนเองได้เมื่อเลือกเล่น Action อย่างใดอย่างหนึ่งจบลง ให้ถือว่าจบรอบทันที

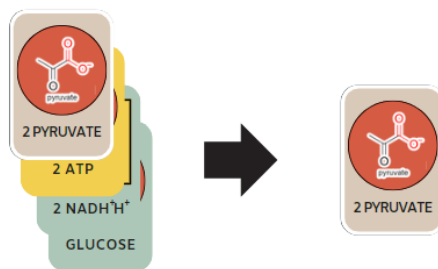
การนับคะแนน

10. การจบเกมเมื่อการด้นบอร์ดย่างใดอย่างหนึ่งหมดลง ให้ถือว่าการเล่นรอบนั้นจะเป็นรอบสุดท้าย

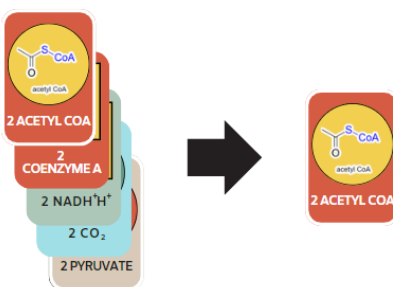
11. การนับคะแนน มาจากคะแนนรวมของ 2 ส่วน คือ

- คะแนนจากการทำคอมโบสำเร็จเมื่อการ์ดหมดมือ
- คะแนนจากการตอบคำถามจากการ์ดพิเศษประเภทคำถาม

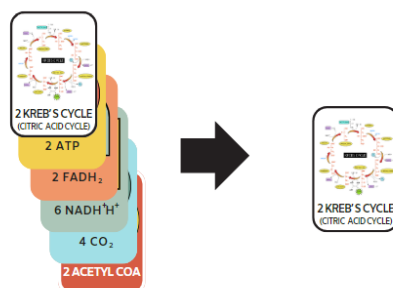
หากคะแนนเท่ากัน คนที่มีจำนวนไพ่บนมือ เหลือมากกว่าจะเป็นผู้ชนะ หากไพ่บนมือเท่ากันจะถือว่าเสมอกันการนับแต้มคิดตามจำนวน ATP ในแต่ละขั้นตอน โดยอ้างอิงจากการใช้ 4 โปรตอนเพื่อหมุน ATP synthase ให้เป็น 1 ATP รายละเอียดดังภาพ 6-8



ภาพ 6 การวางการ์ดเมื่อทำคอมโบ 2 pyruvate เรียบร้อยแล้ว



ภาพ 7 การวางการ์ดเมื่อทำคอมโบ 2 Acetyl CoA เรียบร้อยแล้ว



ภาพ 8 การวางการ์ดเมื่อทำคอมโบ 2 Krebs's cycle เรียบร้อยแล้ว

7. อภิปรายผล

แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การหายใจระดับเซลล์ เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่ออกแบบกิจกรรมอยู่เป็นพื้นฐานแนวคิดการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-Based Learning) เป็นวิธีที่ช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้และค้นพบความจริงด้วยตนเอง โดยผู้สอนจะกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดคำถามและค้นหาคำตอบเอง ผ่านกระบวนการที่มีความเป็นระบบแต่มีความยืดหยุ่นเพื่อสนับสนุนการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) ครูเป็นผู้สร้างสถานการณ์ในการเรียนรู้ และกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน (ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2553; นันทิยา บุญเคลือบ, 2540; ประสาท เนืองเฉลิม, 2558) แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การหายใจระดับเซลล์ ที่ผู้วิจัยออกแบบ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ขั้นสร้างความสนใจ ผู้วิจัยออกแบบให้ใช้คำถามเพื่อทบทวนความรู้เดิมและกระตุ้นความสงสัยในสถานการณ์ใหม่เพื่อสร้างความสนใจ เชื้อโยงนักเรียนสู่เรื่องที่จะเรียน และทำให้ครูทราบถึงความรู้พื้นฐานเดิมของผู้เรียน ครูนำเสนอประเด็นคำถามที่ชวนให้ผู้เรียนเกิดความสงสัยที่นำไปสู่การค้นหาคำตอบซึ่งเกี่ยวข้องกับการประเมินความสามารถด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา (Critical Thinking and Problem Solving) 2) ขั้นสำรวจและค้นหา ผู้เรียนร่วมมือกันหาคำตอบจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เช่น หนังสือเรียน สื่อเทคโนโลยี หรือแหล่งเรียนรู้อื่น ๆ และแลกเปลี่ยนความคิดเห็น โดยครูสร้างสถานการณ์การเรียนรู้ เช่น การใช้บอร์ดเกม การหายใจระดับเซลล์ เพื่อให้เหตุผลอย่างมีประสิทธิภาพ (Reasoning Effectively)

3) ขึ้นสร้างคำอธิบายและ ลงข้อสรุป ผู้เรียนนำผลการค้นหาสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และสรุปข้อมูล โดยใช้เหตุผลและวิธีคิดเชิงระบบ (Systems thinking) การใช้วิจารณญาณและการตัดสินใจ (Making judgments and decisions) และการแก้ปัญหา (Solving problems) (สิริพัชร เจริญชัย, 2563) 4) ขยายความรู้ ตั้งคำถามใหม่เพื่อให้เกิดข้อสงสัยและทำการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติม อภิปราย แสดงความคิดเห็น และนำเสนอผลการสืบค้นข้อมูล 5) ขึ้นประเมินผล ผู้เรียนประเมินตนเองและบันทึกผลการทำกิจกรรมเพื่อประเมินความสามารถในการคิดและแก้ปัญหา การใช้แผนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับบอร์ดเกมมีผลดีในการส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ใช้บอร์ดเกมเกี่ยวกับดาวในระบบสุริยะและการเปลี่ยนแปลงของโลกพบว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพสูง (สาอาเดย์ หมุนนัยและน้ำเพชร นาสารีย์, 2566; ช่อผกา สุขุมทอง, 2563) อย่างไรก็ตามการจัดการเรียนรู้ในยุคไทยแลนด์ 4.0 ยังคงมีความจำเป็นต้องนำเทคโนโลยีใหม่ ๆ เข้ามาประยุกต์ใช้เพื่อสอดคล้องกับการศึกษายุคใหม่ ซึ่งบอร์ดเกมเป็นสื่อการเรียนรู้ที่ได้รับความนิยมและสามารถส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนได้ดี (दनัยศักดิ์ กาโร, 2562)

บอร์ดเกมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง การหายใจระดับเซลล์ โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับบอร์ดเกม ถือเป็นวิธีที่ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาที่ซับซ้อนและมีทัศนคติที่ดีขึ้นต่อบทเรียนดังกล่าว เนื่องจากเนื้อหาของการหายใจระดับเซลล์มักทำให้ผู้เรียนสับสน เนื่องจากกระบวนการและผลิตภัณฑ์ในเนื้อหานั้นมีความซับซ้อนและมีคำศัพท์มากมาย ดังนั้น ผู้วิจัยจึงนำการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้บอร์ดเกมการหายใจระดับเซลล์ ซึ่งดัดแปลงจาก Somsuan (2022) เพื่อทำให้กระบวนการหายใจระดับเซลล์เป็นเรื่องที่สนุกและน่าสนใจสำหรับผู้เรียนมากขึ้น การเรียนรู้ผ่านแนวคิด Game-Based Learning จะช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เนื้อหาเกี่ยวกับกระบวนการหายใจระดับเซลล์ ได้แก่ การหายใจระดับเซลล์ในภาวะที่มีออกซิเจนเพียงพอ กระบวนการไกลโคไลซิส การสร้างแอซิติลโคเอนไซม์และวัฏจักรเครบส์ และกระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอน การจัดการเรียนรู้ในรูปแบบนี้จะมีการตั้งคำถามและให้ผู้เรียนสืบค้นหาความรู้ด้วยตนเองเพื่อตอบคำถามและเชื่อมโยงกับบอร์ดเกมอย่างมีเหตุผล จนกระทั่งผู้เรียนเกิดความสามารถด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา นอกจากนี้บอร์ดเกมยังช่วยพัฒนาทักษะด้านต่าง ๆ ของผู้เรียน เช่น ทักษะความอดทน ทักษะความมีวินัย ทักษะการตัดสินใจ ทักษะการคิดวิเคราะห์ และทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ซึ่งทักษะเหล่านี้เป็นพื้นฐานสำคัญของการพัฒนาทักษะด้านสติปัญญาและทำให้เข้าใจแนวทางในการเรียนรู้เพื่อนำไปสู่ความสำเร็จ (Mackay, 2013) ด้วยเหตุนี้ความนิยมของบอร์ดเกมกับการศึกษาจึงเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัดทั้งในประเทศและต่างประเทศ โดยในประเทศไทยมีการนำบอร์ดเกมมาใช้ในการพัฒนาการเรียนรู้มากขึ้น เนื่องจากบอร์ดเกมช่วยเสริมสร้างการเรียนรู้ในประเด็นที่ผู้ออกแบบเกมต้องการให้ผู้เล่นได้เรียนรู้ โดยที่ผู้เล่นจะได้รับประสบการณ์โดยตรงและการเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติ มากไปกว่านั้นบอร์ดเกมยังช่วยสร้างบรรยากาศในการเรียนรู้ร่วมกันผ่านการมีปฏิสัมพันธ์ขณะเล่นเกม และ

ลดอุปสรรคความเหลื่อมล้ำในการเข้าถึงอินเทอร์เน็ตในบางพื้นที่ (Play Academy, 2560) ดังนั้น การนำบอร์ดเกม มาใช้ในการส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณจึงเป็นเรื่องที่เหมาะสมมาก เพราะนอกจากจะช่วยให้ความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์โดยตรงแล้ว ยังส่งเสริมทักษะที่เกี่ยวข้องต่อการสร้างพฤติกรรมที่ต้องการเมื่อเผชิญหน้ากับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในโลกดิจิทัลอีกด้วย

8. ข้อเสนอแนะ

8.1 มีการศึกษาวิจัยโดยมีการนำบอร์ดเกม เข้ามาช่วยในการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาอื่น ๆ เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน และเป็นทางเลือกในการเรียนรู้ด้วยตัวเอง หรือทบทวนเนื้อหาที่เรียนไปแล้ว

8.2 ควรศึกษาวิธีการบอร์ดเกมไปใช้ร่วมกับในวิธีการสอนแบบอื่นๆ เช่น การสอนสาธิต การสอนแบบใช้ เกม หรือการสอนแบบโครงงาน เป็นต้น หากสามารถเพิ่มความรูปแบบการเล่นหรือเทคนิคการเล่นได้มากขึ้น ก็ยังเพิ่มแรงจูงใจของผู้เรียนมากขึ้นไปด้วย

9. สรุป

กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมความสามารถด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาของผู้เรียนตามแนวคิดการสืบเสาะหาความรู้และบอร์ดเกม เป็นแผนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพซึ่งผ่านผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา ด้านการสอน และด้านเทคโนโลยี พบว่าบอร์ดเกมมีความเหมาะสมระดับมาก (M=4.08, SD=0.45) และผลการหาคุณภาพของบอร์ดเกม ด้านเทคโนโลยีทางการศึกษา พบว่า บอร์ดเกมมีความเหมาะสมระดับมาก (M=4.13, SD=0.47) ดังนั้น การออกแบบและสร้างกิจกรรมส่งเสริมความสามารถด้านการคิดอย่างมี วิจารณญาณและการแก้ปัญหาของผู้เรียนตามแนวคิดการสืบเสาะหาความรู้และบอร์ดเกมจะสามารถพัฒนา ความสามารถด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาของผู้เรียนเพิ่มมากขึ้นอยู่ในระดับสูง

10. เอกสารอ้างอิง

- Galos, R. S. (2022). Science Learning Activity Packets (SciLAPs) on the Assessment of Learning Performance. *International Journal of Research Publication and Reviews*, 3(7), 1800-1810.
- Mackay, H. A. (2013). *Developing syntactic repertoires: Syntheses of stimulus classes, sequences, and contextual control*. *European Journal of Behavior Analysis*, 14, 69-85.
- Play Academy. (2017). *Logical & Critical Thinking*. [https://drive.google.com /file/d/0B98OD](https://drive.google.com/file/d/0B98OD).

- Somsuan. (2022). บอร์ดเกม Cellular respiration. <https://insku.com/idea/-M2o9lxUNTqYIYv4LBVM>.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551. https://academic.obec.go.th/images/document/1559878925_d_1.pdf
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยา เล่ม 1. <https://www.scimath.org/ebook-biology/item/8416-2-2560-2551>.
- ชาวลย์ เรืองประพันธ์. (2539). สถิติพื้นฐาน. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ช่อผกา สุขุมทอง.(2563). การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)ร่วมกับเกมวิทยาศาสตร์เรื่องการเปลี่ยนแปลงของโลกระดับประถมศึกษา [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]. มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- ชัยยงค์ พรหมวงศ์, สมเชาว์ เนตรประเสริฐ, และ สุดำ สินสกุล. (2520). ระบบสื่อการสอน. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2553). 80 นวัตกรรม การจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ (พิมพ์ครั้งที่ 3). แดเน็กซ์ อินเทอร์เน็ตปอเรชั่น.
- ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2558). 80 นวัตกรรมจัดการการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ (พิมพ์ครั้งที่ 6). พี บาลานซ์ดีไซด์แอนปรีนติง.
- ดนัยศักดิ์ กาโร. (2562). ปฏิบัติการสอนสู่ห้องเรียน 4.0 ด้วย GOOGLE FOR EDUCATION. สำนักพิมพ์ จุฬาลงกรณ์.
- ทิศนา ขัมมณี. (2553). ศาสตร์การสอน. องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ทิศนา ขัมมณี. (2551). ศาสตร์การสอน:องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ. สำนักพิมพ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นันทิยา บุญเคลือบ. (2540). การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวคิด Constructivism. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- ประสาธ เนืองเฉลิม. (2558). การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วิจารณ์ พานิช. (2555). วิถีสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ในศตวรรษที่ 21. มูลนิธิสดศรีสฤษดิ์วงศ์.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2567). ความฉลาดรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์. <https://pisathailand.ipst.ac.th/about-pisa/scientific-literacy/>

สาอาตะย์ หมุนนุ้ย และน้ำเพชร นาสารีย์.(2566). การศึกษาผลการใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้เกมกระดาน เรื่อง ดาวในระบบสุริยะ เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านการอธิบาย ปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์ ของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต] มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

สิริพัชร เจริญชัย. (2563). การศึกษาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาตามทักษะ การเรียนรู้และนวัตกรรมเรื่องพันธุศาสตร์และเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.