



**ผลการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน
ที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย**
**Effect of Using Game-Based Inquiry Learning Instruction
on Scientific Reasoning Ability of Upper Secondary School Students**

วิศรุฒม์ เอสมบูน¹ และ วิชัย เสวกงาม^{2*}
Witsarut Emsomboon¹ และ Wichai Sawekngam^{2*}

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานและ 2) ศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 40 คน ของโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งในสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสิงห์บุรี อ่างทอง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ แบบสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ บันทึกการเรียนรู้ แผนการจัดการเรียนรู้และเกมการศึกษา วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบค่าทีและการวิเคราะห์เนื้อหา ผลการวิจัย พบว่า 1) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานมีค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างเรียนในระยะหลังดีขึ้นกว่าระยะแรก โดยมีร้อยละการเพิ่มขึ้น ดังนี้ 1) การพิจารณาและใช้หลักฐาน ร้อยละ 24.80 2) การพยากรณ์ ร้อยละ 20.48 3) การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและข้อสรุป ร้อยละ 28.03 และ 4) การสร้างข้อสรุป ร้อยละ 28.67

คำสำคัญ : การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์, การสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน

¹ นิสิตมหาบัณฑิตสาขาวิชาหลักสูตรและการสอน ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Graduate Student of Curriculum and Instruction Division, Department of Curriculum and Instruction, Faculty of Education,
Chulalongkorn University, E-mail: 6183891227@student.chula.ac.th

² อาจารย์ประจำสาขาวิชาหลักสูตรและการสอน ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Lecturer of Curriculum and Instruction Division, Department of Curriculum and Instruction, Faculty of Education,
Chulalongkorn University, E-mail: wichai.s@chula.ac.th

* Corresponding author

Abstract

The purposes of this research were 1) to compare students' scientific reasoning abilities before and after using game-based inquiry learning, and 2) to investigate their scientific reasoning abilities while employing game-based inquiry learning. The participants in this study were 40 students studying in Matthayomsuksa 4 at the extra-large secondary school under the Secondary Educational Service Area Office Singburi, Angthong. The instruments used in this study were a scientific reasoning ability test, informal interviews, learning logs, lesson plans, and educational games. The data were analyzed using mean, standard deviation, t-test, and content analysis. The findings showed that 1) the scientific reasoning ability of the students was higher after being taught using game-based inquiry learning than before at the .05 level of significance, and 2) after employing game-based inquiry learning, the students showed improvement in the following categories: 1) determination and use of evidence at 24.80, 2) prediction at 20.48, 3) connecting relationships between evidence and conclusions at 28.03, and 4) making conclusions at 28.67.

Keywords: scientific reasoning, game-based inquiry learning

บทนำ

ความก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทำให้มนุษย์ได้รับข่าวสารอย่างรวดเร็วผ่านโลกออนไลน์ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีทั้งความคิดเห็นและข้อเท็จจริง การเลือกรับข้อมูลนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการพิจารณาและวิเคราะห์หลักฐานอย่างสมเหตุสมผลและให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อใช้ในการอธิบายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน ซึ่งการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์นั้นเป็นกระบวนการคิดแบบนามธรรมที่เกิดจากการประมวลหลักการทั่วไปกับตัวอย่างที่เป็นรูปธรรมเพื่อใช้ในการค้นพบทางวิทยาศาสตร์ (Lawson, 2009) ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ใช้ในการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ อีกทั้งยังเป็นทักษะที่สำคัญในการส่งเสริมให้นักเรียนฉลาดรู้วิทยาศาสตร์ จากผลการประเมินความฉลาดรู้วิทยาศาสตร์ในระดับนานาชาติของโครงการ PISA ปี 2018 พบว่านักเรียนของประเทศไทยขาดทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์โดยนักเรียนไม่สามารถตีความจากหลักฐานและข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ได้ (OECD, 2019) และยังพบสาเหตุของปัญหาที่ส่งผลต่อการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน คือ 1. นักเรียนให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ โดยไม่ได้นำหลักฐานมาใช้ในการสรุปและให้เหตุผล ไม่สามารถอธิบายโดยใช้หลักฐานที่เหมาะสมเพื่อให้เหตุผลและไม่สามารถเชื่อมโยงหลักการทางวิทยาศาสตร์ไปอธิบายข้อสรุปได้ และ 2. นักเรียนไม่สามารถตีความในการทำความเข้าใจหลักฐานที่ใช้ในการตรวจสอบความรู้ กฎ ทฤษฎี ทางวิทยาศาสตร์เพื่อประกอบการตัดสินใจในการลงข้อสรุปและให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (ลฎาภา สุทธกุล และ ลือชา ลดาชาติ, 2556; ณรงค์ชัย พงษ์ชนะ, 2559)

จากการศึกษาพบว่ารูปแบบการสอนที่เหมาะสมกับการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์คือ การจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบ (Benford & Lawson, 2001; Thoron & Myers, 2012)

เนื่องจากนักเรียนได้ค้นหาความจริงผ่านการสำรวจและแก้ปัญหาโดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งได้ฝึกวิเคราะห์และประเมินหลักฐานก่อนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และลงข้อสรุป อย่างไรก็ตาม จากผลการวิจัยของนักการศึกษาพบว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบมีข้อจำกัดบางประการที่ส่งผลต่อการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เช่น สถานการณ์ในการสืบสอบไม่ชวนสงสัย นักเรียนขาดแรงจูงใจในการสืบสอบ การหลีกเลี่ยงการสืบสอบเป็นกลุ่ม การขาดคำถามที่ดีในการสืบสอบและข้อจำกัดเรื่องเวลาที่ครูไม่สามารถส่งเสริมการสืบสอบในชั้นเรียนให้ได้เนื้อหาครบตามที่กำหนดไว้ (พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์, 2544; Fitzgerald et al., 2019; Herranen & Aksela, 2019) ซึ่งเป็นข้อจำกัดที่ทำให้การสืบสอบไม่ประสบความสำเร็จ และจะส่งผลโดยตรงต่อการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เนื่องจากการสืบสอบและการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่ส่งเสริมและดำเนินไปพร้อมกัน (Chinn & Malhotra, 2002)

ผู้วิจัยจึงสังเคราะห์วิธีการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมนั้นคือการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน (Game-based inquiry learning) ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมการศึกษาเป็นสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้และส่งเสริมให้นักเรียนได้สืบสอบจากเกม โดยขณะสืบสอบนักเรียนจะพิจารณาหลักฐานและให้เหตุผลร่วมกันในการอภิปรายกลุ่มย่อยจนนำไปสู่การลงข้อสรุปตามหลักฐาน ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะของการให้เหตุผลแบบอุปนัยและนิรนัยที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อตีความหลักฐานและอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ (Lawson, 2009) อีกทั้งยังมีกลไกของเกมที่ตั้งจุดและกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนุกสนานเพลิดเพลิน ช่วยเสริมสร้างแรงจูงใจในการเรียน โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ 1. นำเข้าสู่บทเรียน 2. อธิบายเกม 3. กำหนดคำถาม 4. การสืบสอบแบบร่วมมือ และ 5. การสรุปและอภิปราย (Chang & Lin, 2012; Chee & Tan, 2012; Jiang et al., 2020; Lameris et al., 2014; Millis et al., 2011) ซึ่งมีข้อได้เปรียบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบตรงที่นักเรียนจะมีแรงจูงใจในการสืบสอบจากสถานการณ์ของเกมที่ชวนให้สงสัยและต้องการที่จะหาคำตอบ โดยจะสืบสอบจากคำถามที่นักเรียนสร้างขึ้น ซึ่งนักเรียนแต่ละคนจะมีบทบาทในการเล่นและมีส่วนร่วมในการอภิปรายจากประสบการณ์ในการเล่นเกมนำไปสู่ข้อจำกัดของการหลีกเลี่ยงการทำงานกลุ่มและครูยังสามารถควบคุมเวลาในการสืบสอบได้โดยกำหนดเวลาในการเล่นเกมนักเรียน

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นทำให้ผู้วิจัยเห็นว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานสามารถพัฒนาให้นักเรียนตีความและพิจารณาหลักฐานเพื่อใช้ระบุความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลและเชื่อมโยงข้อสรุปได้ โดยผ่านการเล่นเกมการศึกษาที่มีสถานการณ์ชวนให้สงสัยและต้องการที่จะหาคำตอบ ทั้งยังสร้างความสนุกสนานเพลิดเพลินในขณะสืบสอบ ทำให้นักเรียนสามารถให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างสมเหตุสมผล ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งเป็นช่วงชั้นที่ขาดการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อย่างต่อเนื่องจากมัธยมศึกษาตอนต้น ในการประเมินความฉลาดรู้วิทยาศาสตร์ในระดับนานาชาติของโครงการ PISA

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน
2. เพื่อศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน

วิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre-experimental research) มีรูปแบบการวิจัยแบบหนึ่งกลุ่มวัดสองครั้ง (One group pretest-posttest design) ร่วมกับการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพเพื่อศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนใน 3 ช่วงเวลา คือ ก่อนการจัดการเรียนรู้ระหว่างจัดการเรียนรู้ และหลังจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

กลุ่มเป้าหมายและตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสิงห์บุรี อ่างทอง ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ที่เรียนรายวิชาชีววิทยา 2 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 40 คน ในโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งในสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสิงห์บุรี อ่างทอง ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย

1.1 แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน เป็นแบบปรนัยหลายตัวเลือก โดยแต่ละข้อแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ข้อสอบปรนัยหลายตัวเลือก ให้นักเรียนวงกลมล้อมรอบตัวเลือกที่ถูกต้องที่สุดและ ส่วนที่ 2 การอธิบายเหตุผลในการเลือกตอบตัวเลือกนั้น ให้นักเรียนเขียนอธิบายเหตุผลประกอบและจัดทำข้อสอบคู่ขนานจำนวน 2 ฉบับ ฉบับละ 16 ข้อ จากนั้นนำแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามของแบบวัดกับนิยามเชิงปฏิบัติการขององค์ประกอบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ผลการตรวจสอบพบว่ามีค่าดัชนีความสอดคล้องเฉลี่ยทุกรายการอยู่ในช่วง 0.50–1.00 โดยผู้ทรงคุณวุฒิแนะนำว่าควรปรับตัวเลือกให้มีความสอดคล้องกับเนื้อหาในบทความและปรับตัววงให้สั้นกระชับและไม่มีข้อความที่คล้ายคลึงกับตัวเลือกที่เป็นคำตอบ จากนั้นปรับตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิและนำไปทดลองใช้กับนักเรียนที่มีลักษณะใกล้เคียงกับตัวอย่างจำนวน 30 คน ได้ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดทั้งสองชุด อยู่ในช่วง 0.36–0.70, 0.33–0.73 และ 0.84–0.88 ตามลำดับ และจัดทำข้อสอบแบบคู่ขนานจำนวน 2 ฉบับ ฉบับละ 16 ข้อ

1.2 แบบบันทึกการสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ ใช้เพื่อเก็บข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยผู้วิจัยดำเนินการสร้างแบบบันทึกการสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการที่ประกอบด้วยวัตถุประสงค์การสัมภาษณ์ ชื่อผู้เข้ารับการสัมภาษณ์ หัวข้อและจุดมุ่งหมายในการสัมภาษณ์ กรณีที่สัมภาษณ์ วันที่สัมภาษณ์และตารางบันทึกการสัมภาษณ์ จากนั้นให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่านตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบของแบบบันทึกการสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการกับนิยามเชิงปฏิบัติการขององค์ประกอบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ผลการตรวจสอบพบว่ามีค่าดัชนีความสอดคล้องเฉลี่ยทุกรายการเท่ากับ 1.00 โดยผู้ทรงคุณวุฒิแนะนำให้เพิ่มข้อความหลักตามองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสัมภาษณ์ จากนั้นปรับตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิก่อนนำไปทดลองใช้

1.3 บันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน ผู้วิจัยดำเนินการสร้างบันทึกการเรียนรู้ที่ประกอบด้วย 6 หัวข้อ ดังนี้ 1. กิจกรรมการเรียนการสอนโดยสรุป 2. ผลการเรียนรู้ที่เกิดขึ้น 3. ความรู้สึกและประสบการณ์ที่ได้รับ 4. ปัญหาที่พบในการเรียนรู้ 5. แนวทางการแก้ไขและ 6. การประยุกต์ใช้ความรู้และประสบการณ์ที่ได้รับ ให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบของบันทึกการเรียนรู้กับนิยามเชิงปฏิบัติการขององค์ประกอบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ผลการตรวจสอบพบว่ามีค่าดัชนีความสอดคล้องเฉลี่ยทุกรายการเท่ากับ 1.00 จากนั้นนำไปทดลองใช้

2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ประกอบด้วย

2.1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่จัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จำนวน 4 แผน ดังนี้ 1. พันธุวิศวกรรมและการโคลนนิ่ง จำนวน 5 คาบ 2. การหาขนาดของ DNA และการหาลำดับนิวคลีโอไทด์ จำนวน 1 คาบ 3. การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จำนวน 4 คาบและ 4. เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอกับความปลอดภัยทางชีวภาพและชีวจริยธรรม จำนวน 2 คาบ รวม 12 คาบ จากนั้นให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างแผนการจัดการเรียนรู้กับรูปแบบและขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ผลการตรวจสอบพบว่ามีค่าดัชนีความสอดคล้องเฉลี่ยทุกรายการอยู่ในช่วง 0.50–1.00 โดยผู้ทรงคุณวุฒิแนะนำว่าขึ้นสรุปและอภิปรายในบางแผนการจัดการเรียนรู้ ควรเขียนรายละเอียดให้ชัดเจน ควรระบุการให้คะแนนในใบกิจกรรมให้ชัดเจน จากนั้นปรับตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิและนำไปทดลองใช้กับนักเรียนที่มีลักษณะใกล้เคียงกับตัวอย่างและปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ก่อนนำไปใช้จริง

การจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานที่นักการศึกษาใช้จัดการเรียนรู้ในปัจจุบันนี้มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลายและยากที่จะระบุให้ชัดเจนได้ว่าควรมีลักษณะและขั้นตอนอย่างไร (Jiang et al., 2020) ผู้วิจัยจึงวิเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องทำให้พบว่าการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว มีองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ประการ คือ 1. เกมการศึกษา 2. การแนะนำแนวทางให้เกิดการสืบสอบและ 3. วิธีการที่ส่งเสริมให้เกิดการสืบสอบ และจัดจำแนกการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานออกเป็น 3 กลุ่ม โดยใช้ความสอดคล้องของขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้เป็นเกณฑ์ ดังนี้ กลุ่มที่ 1 จัดการเรียนรู้แบบสืบสอบและ

ขับเคลื่อนด้วยกิจกรรมในเกม (Chang & Lin, 2012; Lameris et al., 2014) กลุ่มที่ 2 จัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานที่มีสถานการณ์เอื้อต่อการสืบสอบ (Chee & Tan, 2012; Millis et al., 2011) และ กลุ่มที่ 3 จัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน (Jiang et al., 2020) และสังเคราะห์ขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ได้เป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 นำเข้าสู่บทเรียน เป็นขั้นที่ครูทำท่าย่นักเรียนด้วยปัญหาที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ของเกม กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสงสัยและพยายามหาคำตอบ

ขั้นที่ 2 อธิบายเกม เป็นขั้นที่ครูอธิบายเป้าหมายของการเรียนรู้ วัตถุประสงค์ของเกม กฎกติกาและสถิติวิธีการเล่น ซึ่งเป็นรายละเอียดที่จำเป็นสำหรับเตรียมความพร้อมในการสืบสอบจากเกม

ขั้นที่ 3 กำหนดคำถาม เป็นขั้นที่นักเรียนกำหนดคำถามในการสืบสอบซึ่งเป็นคำถามที่สงสัยและเป็นเบาะแสของปัญหา

ขั้นที่ 4 การสืบสอบแบบร่วมมือ เป็นขั้นที่นักเรียนต้องวางแผนการสืบสอบจากคำถามที่สร้างขึ้นและพยากรณ์คำตอบที่เป็นไปได้เกี่ยวกับปัญหาที่สงสัย ซึ่งอาจกำหนดกลยุทธ์ในการเล่นของตนเองและสืบสอบร่วมกันผ่านการเล่นเกมที่สร้างชุมชนการสืบสอบแบบร่วมมือ ที่เป็นกลุ่มขนาดเล็กและเล่นตามบทบาทสมมติจากสถานการณ์ของเกมโดยมีเป้าหมายของการเล่นที่แน่นอน นักเรียนสื่อสารกันในระหว่างเล่นเกมและรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการสืบสอบเพื่อนำมาวิเคราะห์และนำเสนอคำตอบเมื่อจบเกม

ขั้นที่ 5 สรุปและอภิปราย เป็นขั้นที่นักเรียนนำเสนอผลการสืบสอบ สรุปและอภิปรายประสบการณ์จากการเล่นเกมและการสืบสอบร่วมกัน สื่อสารผลลัพธ์และสะท้อนผลการเรียนรู้ในรูปแบบต่าง ๆ

2.2 เกมการศึกษาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ ประเภทเกมกระดาน ผู้วิจัยดำเนินการสร้างเกมการศึกษาในเนื้อหาเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ซึ่งประกอบด้วย 4 เกม คือ 1. เกม COVID-19 จำนวน 2 ด้าน 2. เกม Hunting down a killer 3. เกม OMG-GMO จำนวน 2 ด้าน และ 4. เกม Emoji จากนั้นให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างเกมการศึกษา กับแผนการจัดการเรียนรู้ที่จัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน ผลการตรวจสอบพบว่าค่าดัชนีความสอดคล้องเฉลี่ยทุกรายการอยู่ในช่วง 0.50-1.00 โดยผู้ทรงคุณวุฒิแนะนำว่ารายละเอียดในบางกิจกรรมค่อนข้างมาก ควรแจ้งให้นักเรียนทราบตั้งแต่เริ่มต้นและตรวจสอบความเข้าใจระหว่างเล่นเกม จากนั้นปรับตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิและนำไปทดลองใช้ โดยทดลอง 1 ต่อ 1 กับนักเรียนที่ไม่ใช่ตัวอย่างจำนวน 3 คน และทดลองกับนักเรียนกลุ่มเล็กที่ไม่ใช่ตัวอย่างจำนวน 30 คน ปรับปรุงแก้ไขเกมกระดานจากปัญหาที่พบก่อนนำไปใช้จริง

การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยให้ทำแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น จากนั้นดำเนินการตรวจแบบวัด หาค่าคะแนนเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและสัมพัทธ์แบบไม่เป็นทางการรายบุคคลจากการเขียนอธิบายที่แสดงถึงการมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์และดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน จำนวน 12 คาบเรียน คาบเรียนละ 55 นาที จัดการเรียนรู้ 3 คาบ/สัปดาห์ เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

และสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการรายบุคคล ภายหลังจากการตรวจบันทึกการเรียนรู้ใน 2 กรณี คือ 1. เมื่อพบว่านักเรียนเขียนอธิบายที่แสดงถึงการมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ 2. เมื่อพบว่านักเรียนมีข้อสงสัยหรือไม่เข้าใจในเนื้อหา จากนั้นดำเนินการวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยให้ทำแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียน ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ดำเนินการตรวจแบบวัด หาค่าคะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการรายบุคคลจากการเขียนอธิบายที่แสดงถึงการมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์และเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. **วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ** ผู้วิจัยนำคะแนนจากแบบวัดมาหาค่าคะแนนเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนของตัวอย่างด้วยสถิติทดสอบค่าที (*t*-test dependent) และนำบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียนหลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้ใน 2 ระยะ คือ ระยะแรกสัปดาห์ที่ 1-2 จำนวน 6 คาบ และระยะหลังสัปดาห์ที่ 3-4 จำนวน 6 คาบ มาวิเคราะห์ความสอดคล้องกับพฤติกรรมบ่งชี้ในองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และนำเสนอในรูปร้อยละ

2. **วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ** ผู้วิจัยวิเคราะห์เนื้อหาในบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียนหลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้ใน 2 ระยะ คือ ระยะแรกสัปดาห์ที่ 1-2 จำนวน 6 คาบ และระยะหลังสัปดาห์ที่ 3-4 จำนวน 6 คาบ ร่วมกับการวิเคราะห์แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียน ในส่วนที่ 2 การเขียนอธิบายคำตอบ โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการร่วมด้วย จากนั้นนำเสนอในรูปแบบความเรียงที่แสดงถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน

ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียน ($M=29.65$, $SD=5.47$) สูงวก่ก่อนเรียน ($M=19.08$, $SD=4.97$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จำแนกตามองค์ประกอบระหว่างก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานพบว่า องค์ประกอบของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 องค์ประกอบ ได้แก่ 1. การพิจารณาและใช้หลักฐาน 2. การพยากรณ์ 3. การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและข้อสรุป 4. การสร้างข้อสรุป นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนในทุกองค์ประกอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงดังตาราง 1

ตาราง 1

การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานและจำแนกตามองค์ประกอบ

ความสามารถ ในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์	คะแนนเต็ม	ก่อนเรียน		หลังเรียน		t	P
		M	SD	M	SD		
ภาพรวม	48	19.08	4.97	29.65	5.47	9.08	.000
1. การพิจารณาและใช้หลักฐาน	12	4.40	1.88	6.23	2.83	3.70	.001
2. การพยากรณ์	12	3.73	2.21	6.10	2.56	4.20	.000
3. การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและข้อสรุป	12	4.75	1.96	7.95	2.60	5.84	.000
4. การสร้างข้อสรุป	12	6.20	2.33	9.34	2.65	5.80	.000

ตอนที่ 2 ผลการศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน

ผู้วิจัยวิเคราะห์บันทึกการเรียนรู้ของนักเรียนหลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้ใน 2 ระยะ คือ ระยะแรก สัปดาห์ที่ 1-2 จำนวน 6 คาบ และระยะหลังสัปดาห์ที่ 3-4 จำนวน 6 คาบ พบว่านักเรียนเขียนบันทึกการเรียนรู้ได้สอดคล้องกับพฤติกรรมบ่งชี้ในองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในระยะหลังสูงขึ้น กว่าระยะแรก โดยมีรายละเอียดการเพิ่มขึ้น ดังนี้ 1. การพิจารณาและใช้หลักฐาน ร้อยละ 24.80 2. การพยากรณ์ ร้อยละ 20.48 3. การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและข้อสรุป ร้อยละ 28.03 และ 4. การสร้างข้อสรุป ร้อยละ 28.67 จากนั้นผู้วิจัยวิเคราะห์เนื้อหาที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากข้อมูลใน 3 ช่วงเวลา ได้แก่ ก่อนการจัดการเรียนรู้ ระหว่างการจัดการเรียนรู้ และหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 การพิจารณาและใช้หลักฐาน ผลการวิเคราะห์เนื้อหาพบว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่สามารถรวบรวมข้อมูลจากการสังเกตเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้ เช่น นักเรียนบางส่วนไม่สามารถอธิบายหลักฐานที่ใช้ในการยืนยันว่าหลอดแก้วที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่างกันมีแรงดันแคพิลลารีต่างกันได้ในขณะจัดการเรียนรู้ระยะแรกพบว่านักเรียนรวบรวมหลักฐานมาใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาตามสถานการณ์ของเกมได้บางส่วน เช่น ภายหลังจากจบเกมที่ 2 Hunting down a killer นักเรียนบางส่วนเขียนบันทึกการเรียนรู้เกี่ยวกับการสืบหาฆาตกรว่า “การสืบหาฆาตกรนั้นต้องเรียงลำดับเหตุการณ์และพิจารณาหลักฐานตามสถานการณ์ที่พบจากหลายแหล่ง” การจัดการเรียนรู้ระยะหลัง พบว่านักเรียนสามารถรวบรวมและพิจารณาหลักฐานที่พบจากเหตุการณ์ได้ดีขึ้น ทั้งยังแปลงข้อมูลที่นำเสนอในรูปแบบหนึ่งไปสู่รูปแบบอื่นได้ เช่น ภายหลังจากจบเกมที่ 3 OMG-GMO ด่านที่ 2 OMG ตัวนี้จับอย่างไร นักเรียนบางส่วนเขียนบันทึกการเรียนรู้เกี่ยวกับการจับสัตว์ประหลาดว่า “ต้องค้นหายีนของสัตว์ประหลาดจากข้อมูลในเกมและนำมาหา STR ของแต่ละแอลลีลเพื่อใช้ในการสร้างลายพิมพ์ดีเอ็นเอและวาดรูปสัตว์ประหลาด

ลงในตำราประจำตระกูล” และหลังการจัดการเรียนรู้พบว่านักเรียนรวบรวมข้อมูลและพิจารณาหลักฐานที่พบจากเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้ เช่น นักเรียนบางส่วนสามารถอธิบายสาเหตุที่กระบอกเพชรเกิดเชื้อราเมื่อปลูกในห้องปรับอากาศได้ โดยใช้หลักฐานที่พิจารณาจากบทความและการวิเคราะห์แนวโน้มจากตารางบันทึกผลการทดลอง

2.2 การพยากรณ์ ผลการวิเคราะห์เนื้อหาพบว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่สามารถระบุความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลที่เกิดขึ้นโดยใช้หลักฐานเป็นฐานในการคิดได้ เช่น นักเรียนบางส่วนไม่สามารถระบุเหตุการณ์ลำดับถัดไปของการเพิ่มระดับน้ำในหลอดแก้วเมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กลงได้ ในขณะที่จัดการเรียนรู้ระยะแรกพบว่านักเรียนสามารถระบุความสัมพันธ์ของสาเหตุและผลที่เกิดขึ้นจากการรวบรวมข้อมูลและหลักฐานได้บางส่วน เช่น ภายหลังจากจบเกมที่ 2 Hunting down a killer นักเรียนบางส่วนเขียนบันทึกการเรียนรู้ที่สะท้อนถึงการพยากรณ์ฆาตกรว่า “ป้าต๋อยน่าจะเป็นฆาตกร เพราะ พบรอยนิ้วมือในที่เกิดเหตุ” การจัดการเรียนรู้ระยะหลัง พบว่านักเรียนระบุความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลที่เกิดขึ้นโดยใช้หลักฐานประกอบการอธิบาย รวมถึงพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงในเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างสมเหตุสมผลมากขึ้น เช่น ภายหลังจากจบเกมที่ 4 Emoji นักเรียนบางส่วนเขียนบันทึกการเรียนรู้เกี่ยวกับการพยากรณ์การลงไฟของสมาชิกในกลุ่มว่า “เมื่อรวบรวมข้อมูลจากอินเทอร์เน็ตและนำมาอภิปรายกัน นักเรียนจะวิเคราะห์แนวโน้มความเป็นไปได้จากการโต้แย้งและพยากรณ์การลงไฟของเพื่อนในกลุ่มเนื่องจากทุกคนต้องลงไฟตามข้อมูลที่พบโดยไม่เอนเอียง” และหลังการจัดการเรียนรู้พบว่านักเรียนระบุความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลที่ได้จากการวิเคราะห์หลักฐานและพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงในเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างสมเหตุสมผล เช่น นักเรียนอธิบายเกี่ยวกับความสว่างของหลอดไฟที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนสีของกระบอกเพชรว่า กระบอกเพชรเปลี่ยนสีจากเหลืองเป็นเขียวใช้เวลา 3 วัน ในทุกความสว่าง ถ้าเลือกใช้ความสว่างที่ 1,000 ลักซ์ ในวันที่ 8 กระบอกเพชรจะเปลี่ยนเป็นสีเขียวในวันที่ 11 และเกิดความร้อนน้อยที่สุด

2.3 การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและข้อสรุป ผลการวิเคราะห์เนื้อหาพบว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนยังไม่สามารถอธิบายเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างเพื่อนำไปสู่ข้อสรุปได้ เช่น นักเรียนบางส่วนไม่สามารถอธิบายและระบุการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงปริมาณ CO₂ ที่ส่งผลต่อการตายของปลาในบ่อน้ำได้ ในขณะที่จัดการเรียนรู้ระยะแรก พบว่านักเรียนสามารถอธิบายการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อสรุปของตนเองได้บางส่วน เช่น ภายหลังจากจบเกมที่ 1 COVID-19 ด่านที่ 1 สืบจากสายดีเอ็นเอ นักเรียนบางส่วนเขียนบันทึกการเรียนรู้เกี่ยวกับการสร้างดีเอ็นเอลูกผสมว่า “การตัดชิ้นส่วนดีเอ็นเอต้องจดจำเอนไซม์ตัดจำเพาะและใช้ระยะห่างจากยีนเป้าหมายเป็นเกณฑ์จึงทำให้เลือกใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะได้ถูกต้องและตัดดีเอ็นเอได้ขนาดสั้นที่สุด” การจัดการเรียนรู้ระยะหลัง พบว่านักเรียนมีการวิเคราะห์หลักฐานและนำความรู้ที่เกี่ยวข้องกับหลักการทางวิทยาศาสตร์มาสร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผล และเชื่อมโยงหลักฐานสู่การลงข้อสรุปได้ดีขึ้น เช่น ภายหลังจากจบเกมที่ 3 OMG-GMO ด่านที่ 2 OMG ตัวนี้จับอย่างไร นักเรียนบางส่วนเขียนบันทึกการเรียนรู้เกี่ยวกับลายพิมพ์ดีเอ็นเอว่า “ลายพิมพ์ดีเอ็นเอเกิดจากการนำดีเอ็นเอที่มีข้อมูลลำดับเบสในแต่ละซ้ำของ STR บนแอลลีลของแต่ละโครโมโซมมาเรียงกันและอธิบาย

ว่าเพราะเหตุใดสัตว์ประหลาดจึงมีลายพิมพ์ดีเอ็นเอขนาดแตกต่างกัน” ทั้งยังเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของจำนวนซ้ำของ STR กับขนาดและรูปแบบลายพิมพ์ดีเอ็นเอ ก่อนนำไปลงข้อสรุปเกี่ยวกับลายพิมพ์ดีเอ็นเอที่ค้นพบ และหลังการจัดการเรียนรู้พบว่านักเรียนวิเคราะห์หลักฐานและอธิบายโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์และเชื่อมโยงหลักฐานสู่การลงข้อสรุปได้ เช่น นักเรียนอธิบายเกี่ยวกับการระเบิดของไข่เมื่อต้มในไมโครเวฟว่า เปลือกไข่เป็นของแข็งเมื่อได้รับความร้อนจะขยายตัว เมื่อต้มไข่จะมีความร้อนและความดันจากไอน้ำมาก ซึ่งทำให้เปลือกไข่เกิดการระเบิดบริเวณรอยร้าวได้

2.4 การสร้างข้อสรุป ผลการวิเคราะห์เนื้อหาพบว่าก่อนการจัดการเรียนรู้นักเรียนยังไม่สามารถวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์สู่ข้อสรุปได้ เช่น นักเรียนบางส่วนไม่สามารถลงข้อสรุปจากตารางบันทึกผลการทดลองได้ว่าอายุของมนุษย์มีผลต่อการทำงานของมือหลังจากการแช่น้ำเป็นระยะเวลาอันใดอย่างไร ในขณะที่จัดการเรียนรู้ระยะแรกพบว่านักเรียนสามารถวิเคราะห์หลักฐานและแปลความหมายข้อมูลร่วมกับหลักการทางวิทยาศาสตร์และสรุปได้บางส่วน เช่น ภายหลังจากจบเกมที่ 2 Hunting down a killer นักเรียนบางส่วนเขียนบันทึกการเรียนรู้เกี่ยวกับการวิเคราะห์และสรุปผู้ที่เป็นฆาตกรว่า “ช่วงต้นเกมมีความคิดว่าน้องน้ำฟ้าเป็นฆาตกร แต่เมื่อรวบรวมหลักฐานและช่วงเวลาของเหตุการณ์ ทำให้สรุปได้ว่าป่าต้อยเป็นฆาตกร” การจัดการเรียนรู้ระยะหลัง พบว่า นักเรียนสามารถลงข้อสรุปที่เที่ยงตรงจากการสังเกตหลักฐานที่พบได้อย่างสมเหตุสมผล ทั้งยังวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์สู่ข้อสรุปของตนได้ดีขึ้น เช่น ภายหลังจากจบเกมที่ 4 Emoji นักเรียนบางส่วนเขียนบันทึกการเรียนรู้เกี่ยวกับชีวจริยธรรมว่า “เมื่อลงไฟแล้วมีความเห็นที่เท่ากันจะสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมจากหลายแหล่ง รวมทั้งข้อมูลการทดลองและงานวิจัย เพื่อนำมาวิเคราะห์และประเมินผลดี ผลเสียของเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอก่อนลงข้อสรุป” และหลังการจัดการเรียนรู้พบว่านักเรียนสามารถลงข้อสรุปที่เที่ยงตรงจากการสังเกตหลักฐานที่พบได้อย่างสมเหตุสมผล ทั้งยังวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์จากตารางบันทึกผลการทดลองสู่ข้อสรุปของตนได้ เช่น นักเรียนสรุปเกี่ยวกับแสงไฟที่มีผลต่อการนอนหลับของคุณยาย โดยใช้ข้อมูลเวลาการนอนหลับในแสงไฟสีต่าง ๆ จากตารางบันทึกผลการทดลองและสรุปว่าแสงไฟโทนร้อนทำให้คุณยายนอนได้จำนวนชั่วโมงมากกว่าแสงไฟโทนสีอื่น

อภิปรายผล

จากผลการศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้และการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในระหว่างการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานนั้น สามารถอธิบายตามองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ ดังนี้

1. การพิจารณาและใช้หลักฐาน

สถานการณ์ของเกมที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนพิจารณาและใช้หลักฐานได้ดีขึ้น เช่น เกม OMG-GMO ด้านที่ 2 OMG ตัวนี้จับอย่างไร นักเรียนจะได้รับบทบาทสมมติเป็นผู้มีพลังวิเศษและ

ต้องจับสัตว์ประหลาดที่หลุดออกมาจากห้องทดลองเสมือนจริง โดยรวบรวมและพิจารณาเอ็นของสัตว์ประหลาดจากไฟและค้นหาจำนวนซ้ำของเบสบน STR ของแต่ละแอลลีลเพื่อใช้ในการสร้างลายพิมพ์ดีเอ็นเอของสัตว์ประหลาดและระบุลงในตำราประจำตระกูล ซึ่งสอดคล้องกับพฤติกรรมบ่งชี้ 1. รวบรวมข้อมูลจากการสังเกตเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ 2. พิจารณาหลักฐานที่พบจากเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ในองค์ประกอบที่ 1 การพิจารณาและใช้หลักฐาน และสอดคล้องกับ Goodwin et al. (2012) ที่กล่าวเกี่ยวกับสถานการณ์ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ว่า นักเรียนจะเรียนรู้ได้ดีที่สุดในสถานการณ์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง ทำให้ได้ฝึกทักษะการคิด การอภิปราย การตัดสินใจในสถานการณ์และแก้ปัญหาได้

การพิจารณาและใช้หลักฐาน เป็นพื้นฐานที่จะนำไปสู่การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบอื่น โดยพบว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ องค์ประกอบที่ 1 การพิจารณาและใช้หลักฐาน ในพฤติกรรมบ่งชี้ที่ 1. รวบรวมข้อมูลจากการสังเกตเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ และ/หรือ 2. พิจารณาหลักฐานที่พบจากเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ มีความเชื่อมโยงและส่งเสริมให้นักเรียนแสดงความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นใน 3 องค์ประกอบ ได้แก่ องค์ประกอบที่ 2 การพยากรณ์, องค์ประกอบที่ 3 การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและข้อสรุป และองค์ประกอบที่ 4 การสร้างข้อสรุป โดยพบว่านักเรียนที่เขียนบันทึกการเรียนรู้ที่สะท้อนถึงการรวบรวมข้อมูลและ/หรือการพิจารณาหลักฐานจากการสังเกตเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ จะสามารถให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ใน 3 องค์ประกอบดังกล่าวได้อย่างชัดเจน สอดคล้องกับลฎภา สุทธกุล และ ลือชา ตาชาติ (2556) ที่กล่าวเกี่ยวกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ไม่สมบูรณ์ว่า การขาดการพิจารณาและใช้หลักฐานทำให้นักเรียนให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างข้อสรุปและการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานกับข้อสรุปไม่สมบูรณ์ ซึ่งกล่าวได้ว่าหลักฐานเป็นส่วนประกอบสำคัญที่จะนำไปสู่การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์องค์ประกอบอื่น

2. การพยากรณ์

การกำหนดคำถามก่อนสืบสอบทำให้การพยากรณ์ดีขึ้น เนื่องจากนักเรียนมีการกำหนดคำถามที่เป็นการแตกประเด็นย่อยจากปัญหาในสถานการณ์ของเกม ทำให้มีข้อมูลที่ใช้ในการพยากรณ์และค้นหาคำตอบร่วมกันอย่างมีทิศทางซึ่งนำไปสู่การสืบสอบที่ดีได้ (Herranen & Aksela, 2019) สอดคล้องกับ Lawson (2005) ที่กล่าวว่า การสังเกตปริศนาที่ทำให้เกิดความงุนงงและพยายามคำตอบจากคำถามที่สงสัยจะส่งผลให้เกิดการพยากรณ์

3. การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและข้อสรุป

การสร้างแบบจำลองทางความคิด ทำให้นักเรียนเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและข้อสรุปได้ดีขึ้น ซึ่งพบว่านักเรียนที่มีการวาดภาพ เขียนแผนภาพ หรือสัญลักษณ์ต่าง ๆ เพื่อใช้เป็นตัวแทนของสถานการณ์ สิ่งของ หรือกระบวนการของเกม จะสามารถอธิบายเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างได้อย่างชัดเจน และสามารถใช้ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับหลักการ ทฤษฎี กฎ ทางวิทยาศาสตร์มาสร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผลตามความเข้าใจของตนเองได้ สอดคล้องกับ Norman (1983) ที่กล่าวเกี่ยวกับแบบจำลอง

ทางความคิดว่า ผู้คนจะสร้างแบบจำลองทางความคิด (mental models) ภายในจิตใจของตนเองและสิ่งที่พวกเขามีปฏิสัมพันธ์ด้วย แบบจำลองเหล่านี้ส่งผลให้เกิดการพยากรณ์และการอธิบายเพื่อทำความเข้าใจปฏิสัมพันธ์

การสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการทำให้นักเรียนอธิบาย องค์ประกอบที่ 3 การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและข้อสรุปได้ชัดเจนขึ้น จากการตรวจบันทึกการเรียนรู้ พบว่านักเรียนบางส่วนเขียนอธิบายเกี่ยวกับประสบการณ์ที่ได้รับจากการเรียนรู้ที่แสดงออกถึงการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ในองค์ประกอบที่ 3 การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและข้อสรุปไม่สมบูรณ์ แต่เมื่อได้รับการสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ พบว่านักเรียนสามารถอธิบายด้วยคำพูดที่แสดงออกถึงการพิจารณาและใช้หลักฐานได้อย่างสมบูรณ์มากขึ้น ทั้งนี้เป็นเพราะการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและข้อสรุปนั้นเป็นสิ่งที่สามารถสื่อสารด้วยคำพูดได้ตรงกับสิ่งที่นักเรียนคิดมากกว่าการเขียนอธิบาย สอดคล้องกับ Jin et al. (2016) ที่ใช้การสัมภาษณ์เพื่อเปรียบเทียบการโต้แย้งและการอธิบายของนักเรียนในประเทศจีนและสหรัฐอเมริกา เนื่องจากนักเรียนมักอธิบายในสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้องกับกลไกทางวิทยาศาสตร์และมีปัญหาในการโต้แย้งด้วยคำพูด ซึ่งการสัมภาษณ์ช่วยให้เก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการโต้แย้งและการอธิบายของนักเรียนได้ชัดเจนขึ้น

4. การสร้างข้อสรุป

การเชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างหรือหลักฐานเข้ากับหลักการ ทฤษฎี กฎ ทางวิทยาศาสตร์จะทำให้นักเรียนสร้างข้อสรุปที่สมเหตุสมผลมากขึ้น จากการตรวจบันทึกการเรียนรู้ พบว่าข้อสรุปของนักเรียนบางส่วน สร้างขึ้นเพื่ออธิบายสถานการณ์ของเกมโดยขาดการเชื่อมโยงกับเนื้อหาในบทเรียนและในหลายครั้งที่พบว่านักเรียนเขียนเกี่ยวกับการสร้างข้อสรุปที่ไม่สมเหตุสมผล โดยขาดการเชื่อมโยงหลักฐานหรือข้อกล่าวอ้างที่พบในสถานการณ์หรือข้อมูลในเกมกับหลักการทฤษฎี กฎ ทางวิทยาศาสตร์ ทำให้ข้อสรุปนั้นสอดคล้องกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วน ซึ่งนักเรียนที่เขียนบันทึกการเรียนรู้ที่สะท้อนถึงการเชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างหรือหลักฐานเข้ากับหลักการทฤษฎี กฎ ทางวิทยาศาสตร์ จะสามารถสร้างข้อสรุปได้อย่างสมเหตุสมผลตามไปด้วย สอดคล้องกับ Lawson (2009) ที่กล่าวเกี่ยวกับการให้เหตุผลแบบอุปนัยว่า เป็นการเชื่อมโยงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุที่ได้จากการสังเกตหลักฐานตามสถานการณ์ก่อนที่จะลงข้อสรุป ซึ่งช่วยเพิ่มความมั่นใจในการยืนยันว่าข้อสรุปนั้นเป็นสิ่งที่ถูกต้อง

การสร้างข้อสรุปย่อยจากเหตุการณ์จะนำไปสู่การสร้างข้อสรุปที่สมเหตุสมผลของเหตุการณ์ทั้งหมดได้ โดยพบว่านักเรียนที่มีการสรุปประเด็นย่อยในระหว่างที่เล่นเกมจะสามารถสรุปเหตุการณ์ทั้งหมดได้อย่างครอบคลุม เนื่องจากการสรุปประเด็นย่อยนั้นทำให้นักเรียนพบจุดสิ้นสุดของเหตุการณ์และในบางครั้งนักเรียนจะนำข้อสรุปย่อยที่ได้ไปสังเคราะห์สร้างข้อสรุปสุดท้ายก่อนที่จะจบเกม ทำให้การเล่นดำเนินไปอย่างมีทิศทางและสามารถสรุปเกมได้สมเหตุสมผล สอดคล้องกับ Overholser (1993) ที่กล่าวว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบอุปนัยเกิดจากการรวบรวมหลักฐานทีละน้อยเพื่อนำมาจัดรูปแบบของเหตุการณ์ก่อนที่จะสร้างข้อสรุป

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. ควรวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในหลากหลายรูปแบบ เช่น แบบวัดแบบเลือกตอบ แบบเขียนตอบ และแบบสัมภาษณ์ เนื่องจากนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายบางส่วนจะสื่อสารด้วยการพูดได้ดีกว่าการเขียน

2. ในการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานกับเนื้อหาอื่น ครูสามารถใช้เกมการศึกษาในงานวิจัยนี้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้และปรับให้เหมาะสมตามบริบทของการจัดการเรียนรู้ได้ หรือสร้างเกมการศึกษาด้วยตนเอง โดยคำนึงถึงธรรมชาติของวิชา เนื้อหาและช่วงวัยของนักเรียน โดยเกมการศึกษานั้นต้องมีความสมดุลระหว่างการสืบสอบและกลไกของเกม ซึ่งจะทำให้นักเรียนได้สืบสอบจากเกมและเกิดความเพลิดเพลินในการเรียนรู้

ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับเกมการศึกษา

1. การสร้างเกมการศึกษาเพื่อใช้ในการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน ควรมีใบกิจกรรมที่ใช้ในการสืบสอบจากเกม 1-2 ใบ และไม่ควรมีเนื้อหาที่เป็นข้อความยาว ๆ เนื่องจากนักเรียนจะใช้เวลามากกับการค้นหาข้อความ ทำให้สืบสอบจากเกมไม่เสร็จสิ้นในเวลาที่กำหนด

2. ควรออกแบบเรื่องราวหรือสถานการณ์ของเกมการศึกษาที่ใช้ในการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน ให้นักเรียนเป็นตัวละครที่มีความสำคัญที่สุดและควรมีเนื้อหาเกี่ยวกับสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับ 1. การช่วยเหลือ เช่น สืบหาผู้ก่อเหตุเพื่อทวงคืนความยุติธรรม 2. การสืบทอดเจตนารมณ์ของบุคคล เช่น เป็นผู้สืบสายเลือดจากผู้มีพลังวิเศษและใช้พลังเพื่อช่วยโลก 3. เหตุการณ์ปัจจุบันหรือสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับประเด็นทางสังคม เช่น การแพร่ระบาดของไวรัสโควิด 19 เนื่องจากนักเรียนจะเข้าถึงเรื่องราวของเกมได้ง่ายและมีสมาธิจดจ่อกับการสืบสอบจากเกมได้นานขึ้น

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาผลของการใช้แบบจำลองทางความคิดที่มีต่อการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เนื่องจากพบว่าการส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและข้อสรุปได้

2. ควรศึกษาผลของการสร้างข้อสรุปย่อยของเหตุการณ์ที่มีต่อการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เนื่องจากพบว่าการสร้างข้อสรุปย่อยนั้นส่งผลต่อการสร้างข้อสรุปที่สมเหตุสมผล และสอดคล้องกับองค์ประกอบการสร้างข้อสรุปของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- ณรงค์ชัย พงษ์ธนะ. (2559). ผลของการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมินที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ ไม่ได้ตีพิมพ์]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. (2544). การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ: แนวคิด วิธีและเทคนิคการสอน 1. เดอะมาสเตอร์กรุ๊ปแมนเนจเม้นท์.
- ลฎาภา สุทธกุล และ ลือชา ลดาชาติ. (2556). การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. *วารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร*, 21(3), 107-123.

ภาษาอังกฤษ

- Benford, R., & Lawson, A. E. (2001). *Relationships between effective inquiry use and the development of scientific reasoning skills in college biology labs*.
<https://eric.ed.gov/?id=ED456157>
- Chang, Y. H., & Lin, B. S. (2012). A ubiquitous system supporting game-based Inquiry learning. *International Journal of Mobile Communications*, 10(2), 190-212.
<https://doi.org/10.1504/IJMC.2012.045673>
- Chee, Y. S., & Tan, K. C. D. (2012). Becoming chemists through game-based inquiry learning: The case of legends of alkhimia. *Electronic Journal of e-Learning*, 10(2), 185-198.
- Chinn, C. A., & Malhotra, B. A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education* 86(2), 175-218.
<https://doi.org/10.1002/sce.10001>
- Fitzgerald, M., Danaia, L., & McKinnon, D. H. (2019). Barriers inhibiting inquiry-based science teaching and potential solutions: perceptions of positively inclined early adopters. *Science Education*, 49(2), 543-566. <https://doi.org/10.1007/s11165-017-9623-5>
- Goodwin, M., Kramer, C., & Cashmore, A. (2012). The 'ethics committee': A practical approach to introducing bioethics and ethical thinking. *Journal of Biological Education*, 46(3), 188-192. <https://doi.org/10.1080/00219266.2012.688846>
- Herranen, J., & Aksela, M. (2019). Student-question-based inquiry in science education. *Science Education*, 55(1), 1-36.

- Jiang, Y., Zhang, L., Shang, J., & Jong, M. S. Y. (2020). *Game-based inquiry learning: Design and application: New ways to teach and learn in china and finland-crossing boundaries with technology*. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/310582/Niemi_Peter_Lang_teo.pdf?sequence=1
- Jin, H., Hokayem, H., Wang, S., & Wei, X. (2016). A us-china interview study: Biology students' argumentation and explanation about energy consumption issues. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 14, 1037-1057.
<https://doi.org/10.1007/s10763-015-9651-4>
- Lameras, P., Savin-Baden, M., Petridis, P., Dunwell, I., & Liarakapis, F. (2014). *Fostering science teachers' design for inquiry-based learning by using a serious game* [Paper presentation]. *IEEE 14th International Conference on Advanced Learning Technologies, Advanced Learning Technologies (ICALT), 2014 IEEE 14th International Conference on* <https://ezproxy.car.chula.ac.th:2833/10.1109/ICALT.2014.71>
- Lawson, A. E. (2005). What is the role of induction and deduction in reasoning and scientific inquiry?. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(6), 716-740.
- Lawson, A. E. (2009). Basic inferences of scientific reasoning, argumentation, and discovery. *Science education*, 94(2), 336-364.
- Millis, K., Forsyth, C., Butler, H., Wallace, P., Graesser, A., & Halpern, D. (2011). Operation aries!: a serious game for teaching scientific inquiry. In M. Ma, A. Oikonomou & L. C. Jain (Eds.) *Serious Games and Edutainment Applications*. (pp.169-195). Springer London Dordrecht Heidelberg New York.
- Norman, D. A. (1983). Some observations on mental models. In A. L. Stevens & D. Gentner (Eds.) *Mental Models* (p. 7-14). Psychology Press.
- OECD. (2019). *PISA 2018 Results (Volume I): What Students Know and Can Do*.
<https://doi.org/10.1787/5f07c754-en>.
- Overholser, J. C. (1993). Elements of the Socratic method: II. Inductive reasoning. *Psychotherapy: Theory, Research, Practice, Training*, 30(1), 75-85.
- Thoron, A. C., & Myers, B. E. (2012). Effects of Inquiry-based agriscience instruction on student scientific reasoning. *Journal of Agricultural Education*, 53(4), 156-170.
<https://doi.org/10.5032/jae.2012.04156>