Chulalongkorn University
Chula Digital Collections

Chulalongkorn University Theses and Dissertations (Chula ETD)

2021

ผลการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

วิศรุฒม์ เอมสมบูรณ์
คณะครุศาสตร์

Follow this and additional works at: https://digital.car.chula.ac.th/chulaetd

Part of the Curriculum and Instruction Commons

Recommended Citation
เอมสมบูรณ์, วิศรุฒม์, "ผลการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย" (2021). *Chulalongkorn University Theses and Dissertations (Chula ETD)*. 5657.
https://digital.car.chula.ac.th/chulaetd/5657

This Thesis is brought to you for free and open access by Chula Digital Collections. It has been accepted for inclusion in Chulalongkorn University Theses and Dissertations (Chula ETD) by an authorized administrator of Chula Digital Collections. For more information, please contact ChulaDC@car.chula.ac.th.

ผลการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

นายวิศรุฒม์ เอมสมบูรณ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน ภาควิชาหลักสูตรและการสอน
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF USING GAME-BASED INQUIRY LEARNING INSTRUCTION ON SCIENTIFIC REASONING ABILITY OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS

Mr. Witsarut Emsomboon

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Education in Curriculum and Instruction
Department of Curriculum and Instruction
FACULTY OF EDUCATION
Chulalongkorn University
Academic Year 2021
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย
โดย	นายวิศรุฒม์ เอมสมบูรณ์
สาขาวิชา	หลักสูตรและการสอน
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิชัย เสวกงาม

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต

.... คณบดีคณะครุศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช สุชีวะ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ศศิเทพ ปิติพรเทพิน)

.... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิชัย เสวกงาม)

.... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.อัมพร ม้าคนอง)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิศรุฒม์ เอมสมบูรณ์ : ผลการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. (EFFECTS OF USING GAME-BASED INQUIRY LEARNING INSTRUCTION ON SCIENTIFIC REASONING ABILITY OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ผศ. ดร.วิชัย เสวกงาม

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานและ 2) ศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 40 คน ของโรงเรียนแห่งหนึ่งในสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสิงห์บุรี อ่างทอง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ แบบสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ บันทึกการเรียนรู้ แผนการจัดการเรียนรู้และเกมการศึกษา วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ยเลขคณิต ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบค่าทีและการวิเคราะห์เนื้อหา ผลการวิจัยพบว่า

1) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานมีค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน มีการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในระหว่างเรียน จากระยะแรกที่อยู่ในระดับต่ำ ระดับกลางและระดับสูง ร้อยละ 37.5, 60 และ 2.5 ตามลำดับ เป็นความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระยะหลังอยู่ในระดับต่ำ ระดับกลางและระดับสูง ร้อยละ 22.5, 17.5 และ 60 ตามลำดับ

สาขาวิชา	หลักสูตรและการสอน	ลายมือชื่อนิสิต	....
ปีการศึกษา	2564	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก	....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6183891227 : MAJOR CURRICULUM AND INSTRUCTION
KEYWORD: scientific reasoning, game-based inquiry learning

Witsarut Emsomboon : EFFECTS OF USING GAME-BASED INQUIRY LEARNING INSTRUCTION ON SCIENTIFIC REASONING ABILITY OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS. Advisor: Asst. Prof. WICHAI SAWEKNGAM, Ph.D.

The purposes of this research were 1) to compare students' scientific reasoning abilities before and after using the game-based inquiry learning and 2) to investigate the scientific reasoning abilities during employing game-based inquiry learning. The participants in this study were 40 students studying in matthayomsuksa 4 at the secondary school under the Secondary Educational Service Area Office Singburi Angthong. The instruments used in this study were the achievement test of scientific reasoning abilities, informal interviews, learning logs, lesson plans, and educational games. The data was analyzed by using mean, percentage, standard deviation, t-test, and content analysis.The findings showed that

1) The statistically significant of the post-test students who were taught by using game-based inquiry learning was higher than the pre-test students at .05.

2) The students who were taught by game-based inquiry learning showed a change in their scientific reasoning abilities during learning. From the first stage, the abilities of scientific reasoning at a low, middle, and high level were 37.5, 60, and 2.5 percent. In the final stage, the scientific reasoning abilities were 22.5, 17.5, and 60 percent, respectively.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Field of Study:	Curriculum and Instruction	Student's Signature ....
Academic Year:	2021	Advisor's Signature ....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาและช่วยเหลือจาก ผศ.ดร.วิชัย เสวกงาม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ท่านได้ให้คำแนะนำในการทำวิจัย ดูแล ติดตาม และเป็นกำลังใจที่ดีให้กับผู้วิจัยเสมอมา และขอขอบคุณ รศ.ดร.ศศิเทพ ปิติพรเทพิน ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ รศ.ดร.อัมพร ม้าคนอง กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ท่านให้เกียรติมาเป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์และให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาวิทยานิพนธ์นี้ ตลอดจนผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้กรุณาตรวจและให้ข้อเสนอแนะในการพัฒนาเครื่องมือในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุกท่านมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์คณะครุศาสตร์ทุกท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งคณาจารย์สาขาหลักสูตรและการสอน ที่ได้มอบประสบการณ์ที่ดีในการพัฒนาตนเองและพัฒนาวิชาชีพของผู้วิจัย ทำให้ผู้วิจัยมีความรอบรู้ในศาสตร์และศิลป์ของการสอน ตลอดจนการพัฒนาหลักสูตรมากยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณเพื่อน พี่ น้อง สาขาหลักสูตรและการสอนทุกคน โดยเฉพาะเพื่อนที่เรียนในระดับปริญญาโท ที่ช่วยเหลือ สนับสนุน และเป็นกำลังใจให้กันและกันเสมอมา รู้สึกโชคดีมากที่ได้เจอกัน

ขอขอบคุณคณะผู้บริหารโรงเรียน เพื่อนครู และนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดอ่างทอง ที่สนับสนุนและให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลในงานวิจัยนี้เป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัวที่คอยสนับสนุน ให้กำลังใจและเป็นลมใต้ปีกที่สำคัญ ถ้าไม่ได้ไออุ่นรักจากครอบครัวก็คงเดินมาไม่ถึงจุดนี้

วิศรุฒม์ เอมสมบูรณ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญ

หน้า

.... ค
บทคัดย่อภาษาไทย.. ค
.... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.. ง
กิตติกรรมประกาศ.. จ
สารบัญ... ฉ
สารบัญตาราง.. ฌ
สารบัญรูปภาพ.. ญ
บทที่ 1 บทนำ 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
คำถามการวิจัย 7
วัตถุประสงค์การวิจัย 7
สมมติฐานการวิจัย 7
ขอบเขตการวิจัย 8
นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย.. 9
กรอบแนวคิดการวิจัย 10
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 11
ตอนที่ 1 การจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน 11
1.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน........................... 11
1.2 องค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน 13
1.3 ความสำคัญของการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน 14

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.4 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน 15

1.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน 24

ตอนที่ 2 การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 27

2.1 ความหมายของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 27

2.2 ประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 29

2.3 องค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 33

2.4 ความสำคัญของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 43

2.5 แนวทางการวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 44

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 52

บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย 54

1. การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 54

2. รูปแบบการวิจัย 55

3. กลุ่มเป้าหมายและตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย 55

4. การสังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน 60

5. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 63

6. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล 88

7. การวิเคราะห์ข้อมูล 89

บทที่ 4 ผลการวิจัย 91

ตอนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน 91

ตอนที่ 2 ผลการศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน 93

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ 107

สรุปผลการวิจัย 107

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

อภิปรายผลการวิจัย 108
ข้อเสนอแนะ 133
บรรณานุกรม 136
ภาคผนวก 146
ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ 147
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 149
ภาคผนวก ค เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง 174
ภาคผนวก ง ใบรับรองโครงการวิจัย 222
ประวัติผู้เขียน 224

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานของ Chang and Lin (2012)........ 16

ตารางที่ 2 สรุปขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน........ 22

ตารางที่ 3 องค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของ Yanto et al. (2019)........ 39

ตารางที่ 4 สรุปองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 40

ตารางที่ 5 เกณฑ์การวัดและประเมินระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของ Lawson (2009) 47

ตารางที่ 6 เกณฑ์การประเมินระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์........ 51

ตารางที่ 7 ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน 62

ตารางที่ 8 นิยามเชิงปฏิบัติการและพฤติกรรมบ่งชี้ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ .. 65

ตารางที่ 9 รายละเอียดของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 66

ตารางที่ 10 เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์........ 67

ตารางที่ 11 ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ฉบับก่อนเรียนและหลังเรียน........ 69

ตารางที่ 12 เนื้อหาและจำนวนคาบเรียนที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ 75

ตารางที่ 13 วิเคราะห์หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) วิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ........ 79

ตารางที่ 14 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน........ 92

ตารางที่ 15 ระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในระยะแรกและระยะหลังในภาพรวม........ 93

ตารางที่ 16 การเปลี่ยนแปลงความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์รายบุคคล 94

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 แบบจำลองการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ดัดแปลงจาก Mayer (2007)............................34

ภาพที่ 2 การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์โดยอาศัยหลักฐาน ดัดแปลงจาก Brown et al. (2010)....35

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ความก้าวหน้าของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทำให้มนุษย์รับข่าวสารได้อย่างรวดเร็วผ่านโลกออนไลน์ ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีทั้งความคิดเห็นและข้อเท็จจริง การเลือกรับข้อมูลนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการพิจารณาและวิเคราะห์เพื่อการตัดสินใจในชีวิตประจำวัน เช่น ชาวบ้านเชื่อว่าน้ำที่ตกลงมาจากต้นไม้ลักษณะคล้ายกับละอองฝนเป็นน้ำศักดิ์สิทธิ์ที่สามารถรักษาโรคได้จึงนำไปให้ผู้ป่วยดื่มและแบ่งปันข้อมูลจากสิ่งที่พบผ่านสื่อออนไลน์โดยมีบุคคลที่หายป่วยจากการดื่มน้ำดังกล่าวมาให้ข้อมูลเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือ แต่ในความเป็นจริงคือน้ำปัสสาวะของจักจั่นที่อยู่รวมกันบนต้นไม้และปล่อยลงมาในช่วงเวลาเดียวกัน (อัมรินทร์ทีวี, 2562) จากเหตุการณ์ดังกล่าวสะท้อนให้เห็นได้ชัดเจนว่าการไม่รู้วิทยาศาสตร์ทำให้ไม่สามารถตีความจากหลักฐานและอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติโดยใช้เหตุและผลได้ โดยเฉพาะข้อมูลที่ได้รับผ่านสื่อออนไลน์อาจทำให้เกิดความเข้าใจคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ได้ง่าย ซึ่งคนที่มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เมื่อได้รับข้อมูลจะคิดอย่างมีเหตุผลเพื่อเชื่อมโยงหลักฐานที่พบกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์และอธิบายตามหลักการทางวิทยาศาสตร์อย่างสมเหตุสมผลโดยไม่งมงายหรือเชื่อในสิ่งที่เชื่อต่อกันมา การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จึงเปรียบได้กับภูมิคุ้มกันในร่างกายของมนุษย์ อีกทั้งยังเป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยทำให้เกิดความเข้าใจธรรมชาติและการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งในการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ในระดับชาติและนานาชาติให้ความสำคัญกับการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่เป็นส่วนสำคัญของการเป็นผู้ที่มีความฉลาดรู้วิทยาศาสตร์ (science literacy) (Giere, 1991; Laugksch, 2000; สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2556) โดยให้นักเรียนใช้แนวคิดและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นด้วยเหตุและผล ตลอดจนสามารถแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่หลากหลายที่พบในชีวิตประจำวันได้ (Friedler et al., 1990; National Research Council, 2012; Nelson, 1999; Organization for Economic Co-operation and Development, 2017)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นการคิดแบบนามธรรมที่เกิดจากการประมวลหลักการทั่วไปกับตัวอย่างที่เป็นรูปธรรมเพื่อใช้ในการค้นพบทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งช่วยให้เกิดความเข้าใจและสามารถประเมินข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ในการดำรงชีวิตและการทำงานได้ จนเกิดเป็นเหตุผลที่ใช้ใน

การอธิบายปรากฏการณ์หรือตัวอย่างนั้น ๆ (Giere, 1991; Lawson, 1978) ซึ่งเป็นกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Kuhn, 1993) นำไปสู่การเพิ่มขึ้นของความรู้และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เกิดทักษะการคิดขั้นสูงและมีทักษะการแก้ปัญหาที่สูงขึ้น จนทำให้เกิดความเข้าใจทฤษฎีและหลักการทางวิทยาศาสตร์ (Giere, 1991; Moore & Rubbo, 2012; Moshman, 2011; Stammen et al., 2018; Yanto et al., 2019) โดยพบว่าการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ยังมีส่วนในการช่วยส่งเสริมและพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของบุคคลซึ่งนำไปสู่ความฉลาดรู้วิทยาศาสตร์ (Giere, 1991) และเป็นทักษะที่จำเป็นในการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพของความรู้และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ตลอดจนการเรียนรู้ในทุกวิชา (Stammen et al., 2018) และเป็นทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 (Fischer et al., 2014; Osborne, 2013) โดยระบบการศึกษาในปัจจุบันให้ความสำคัญกับทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มากขึ้น เช่น การสร้างสมมติฐานและการประเมินหลักฐาน (Opitz et al., 2017) นอกจากนี้การประเมินความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ยังเป็นประโยชน์ในการระบุว่านักเรียนคนใดมีโอกาสที่จะเข้าใจคลาดเคลื่อนในแนวคิดนั้นบ้าง (Coletta et al., 2007) และมีส่วนส่งเสริมให้นักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนลดลง (Lawson & Thompson, 1988) อีกทั้งยังพบว่าทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ส่งผลระยะยาวต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้นอีกด้วย (Georghiades, 2000; Han, 2013) ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จึงเป็นความสามารถหลักที่ทั่วโลกให้ความสำคัญและมีการวัดผลในระดับนานาชาติในลักษณะของความฉลาดรู้วิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากการรายงานผลความฉลาดรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนในโครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ (Programme for International Student Assessment หรือ PISA) ที่มีการประเมินอย่างต่อเนื่องทุก 3 ปี โดยเริ่มตั้งแต่ปี 2000 พบว่าคะแนนเฉลี่ยความฉลาดรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนประเทศไทยต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยมาตรฐานที่ OECD กำหนดไว้ในทุกปี โดยทักษะที่สำคัญในการส่งเสริมให้นักเรียนฉลาดรู้วิทยาศาสตร์คือการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เนื่องจากมีความสอดคล้องกับสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ 2 ด้านที่ OECD กำหนดในการวัดและประเมินผลความฉลาดรู้วิทยาศาสตร์ คือ 1) การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์และ 2) การแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560b) อีกทั้งข้อมูลจากผลการประเมินความฉลาดรู้วิทยาศาสตร์ระดับนานาชาติของ

โครงการ PISA ปี 2015 รายงานว่านักเรียนในหลายประเทศขาดทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยแสดงให้เห็นว่ามีนักเรียนเพียงร้อยละ 7.7 ของนักเรียนทั่วโลกที่สามารถประเมินวิธีการในการสำรวจคำถามตามหลักวิทยาศาสตร์และระบุข้อจำกัดในการทดลองได้ (Organization for Economic Co-operation and Development, 2014; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2563) และผลการประเมินระดับนานาชาติของโครงการ PISA ปี 2018 ยังพบว่านักเรียนของประเทศไทยขาดทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์โดยนักเรียนไม่สามารถตีความจากหลักฐานและข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ได้ (Organization for Economic Co-operation and Development, 2019) ซึ่งสะท้อนให้เห็นได้ชัดเจนว่าความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในประเทศไทยและนานาชาติและในอยู่ในระดับต่ำ (Mariana et al., 2018) ในการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์จึงควรส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาปัญหาที่ส่งผลต่อการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในประเทศไทยพบสาเหตุสำคัญดังนี้ 1) นักเรียนให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ โดยไม่ได้นำหลักฐานมาใช้ในการสรุปและให้เหตุผล ไม่สามารถอธิบายโดยใช้หลักฐานที่เหมาะสมเพื่อให้เหตุผลและไม่สามารถเชื่อมโยงหลักการทางวิทยาศาสตร์ไปอธิบายข้อสรุปได้ 2) นักเรียนไม่สามารถตีความในการทำความเข้าใจหลักฐานที่ใช้ในการตรวจสอบความรู้ กฎ ทฤษฎี ทางวิทยาศาสตร์เพื่อประกอบการตัดสินใจในการลงข้อสรุปและการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และ 3) นักเรียนไม่ใช้แนวคิดวิทยาศาสตร์ในการลงข้อสรุปด้วยเหตุผลแต่มีแนวโน้มที่จะใช้อารมณ์และความรู้สึกในการอธิบายแทนเหตุผล (ชานนท์ คำปิวทา, 2561; ณรงค์ชัย พงษ์ธะนะ, 2559; นลีนี สอนชา, 2561; พิชญา ศิลาม่อม, 2561; ลฎาภา สุทธกุล และ ลือชา ลดาชาติ, 2556; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560b)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากการศึกษาพบว่ารูปแบบการสอนที่เหมาะสมกับการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์คือการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบ เนื่องจากนักเรียนได้ค้นหาความจริงผ่านการสำรวจและแก้ปัญหาโดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งได้ฝึกวิเคราะห์และประเมินหลักฐานก่อนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และลงข้อสรุป ช่วยขยายความเข้าใจผ่านการตรวจสอบตามแผนของนักเรียนและฝึกทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณในการพิจารณาข้อมูล ซึ่งเป็นวิธีอุปนัยในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (Adey & Shayer, 1990; Bao et al., 2009; Benford & Lawson, 2001; Gerber et al., 2001; Lawson, 1995; Marek & Cavallo, 1997; Thoron & Myers, 2012;

ภคพร อิสระ, 2557) อีกทั้งข้อมูลจากการประเมินผลของโครงการ PISA ปี 2018 ยังพบว่านักเรียนของประเทศไทยที่เรียนวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบมีการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ซึ่งส่งผลให้คะแนนความฉลาดรู้วิทยาศาสตร์สูงขึ้นเล็กน้อยคือประมาณ 4 คะแนน (Mostafa, 2018) อย่างไรก็ดีจากผลการวิจัยของนักการศึกษาพบว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบ มีข้อจำกัดบางประการที่ส่งผลต่อการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เช่น สถานการณ์ในการสืบสอบที่ไม่ชวนสงสัย ไม่ชวนติดตาม ทำให้นักเรียนไม่สนใจและรู้สึกเบื่อหน่าย โดยนักเรียนส่วนใหญ่อาจไม่สามารถศึกษาหาความรู้ได้ด้วยตนเองทำให้นักเรียนขาดแรงจูงใจในการศึกษาปัญหาในการสืบสอบ และนักเรียนที่ไม่รู้จักหลักการทำงานกลุ่มอาจหลีกเลี่ยงงานทำให้ไม่เกิดการเรียนรู้ โดยเฉพาะการขาดคำถามที่ดีจากนักเรียนเพื่อใช้ในการสืบสอบ ซึ่งจะทำให้การเรียนการสอนไม่มีประสิทธิภาพ อีกทั้งเวลาในการศึกษามีจำกัดทำให้เป็นสิ่งที่ยากสำหรับครูที่จะส่งเสริมการสืบสอบในชั้นเรียนและได้เนื้อหาครบตามที่กำหนดไว้ ซึ่งเป็นข้อจำกัดที่ทำให้การสืบสอบไม่ประสบความสำเร็จ (Fitzgerald et al., 2019; Herranen & Aksela, 2019; พิมพ์พันธ์ เตชะคุปต์, 2544; ภพ เลาหไพบูลย์, 2534; สุคนธ์ สินธพานนท์, 2545) ซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เนื่องจากการสืบสอบและการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่ส่งเสริมและดำเนินไปพร้อมกัน (Chinn & Malhotra, 2002)

ประกอบกับช่วงอายุของนักเรียนในปัจจุบันที่จัดอยู่ในกลุ่ม Gen Z คือเกิดในช่วง พ.ศ. 2540-2556 (Schroth, 2019) ที่เติบโตมาพร้อมกับโลกดิจิทัลโดยมีเทคโนโลยีและสิ่งอำนวยความสะดวกในชีวิตรอบด้าน ซึ่งนักเรียนจะใช้เวลาส่วนใหญ่อยู่บนโลกออนไลน์และมีสังคมดิจิทัลที่มีการสื่อสารและรับข้อมูลข่าวสารได้รวดเร็ว (ธิติมา ไชยมงคล, 2562) ทำให้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบเดิมไม่ตอบสนองต่อความต้องการในการเรียนรู้ของนักเรียน โดยพบว่านักเรียนในกลุ่ม Gen Z นั้นมักไม่เข้าใจภาษาที่ครูสื่อสารทำให้การออกแบบกิจกรรมและการสื่อสารในชั้นเรียนไม่ตอบสนองต่อความต้องการของนักเรียน ซึ่งนักเรียนต้องการภาษาที่สื่อสารเข้าใจง่าย รวมถึงความรวดเร็วและความเพลิดเพลินในการเรียนรู้ซึ่งจะทำให้เรียนรู้ได้ดีขึ้น (Qian & Clark, 2016) และยังพบว่าเด็กผู้ชายร้อยละ 99 และเด็กผู้หญิงร้อยละ 94 ใช้เวลาในการเล่นเกม ประมาณ 7 ถึง 10 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (Lenhart et al., 2008) โดยนักเรียนเริ่มเล่นเกมตั้งแต่ประถมศึกษาและกลุ่มที่มีการเล่นเกมมากที่สุดคือนักเรียนระดับมัธยมศึกษา อีกทั้งแนวโน้มการเล่นเกมของนักเรียนมีเพิ่มมากขึ้นโดยเฉพาะในเพศหญิง (Prensky, 2001; Qian & Clark, 2016) ซึ่งในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โดยเฉพาะการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบ ที่มีความสำคัญในการส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์นั้น ควรตอบสนองความต้องการของนักเรียนและก้าวทันต่อการเปลี่ยนแปลงของโลก

อีกทั้งผลจากการวิเคราะห์เนื้อหาในวิชาชีววิทยาพบว่าแนวคิดวิทยาศาสตร์ หลักการ ทฤษฎี และกฎที่ใช้ในการอธิบายเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตอย่างสมเหตุสมผลนั้นมีรากฐานมาจากการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างเช่น ทฤษฎีการคัดเลือกโดยธรรมชาติของชาร์ล ดาร์วิน ที่เกิดขึ้นจากการสังเกตอย่างละเอียดเกี่ยวกับความหลากหลายของรูปแบบของสิ่งมีชีวิตที่มีอยู่ในธรรมชาติและตั้งคำถามว่า ความแตกต่างดังกล่าวเกิดขึ้นได้อย่างไร ซึ่งใช้การอนุมานจากหลักฐานเพื่อสร้างทฤษฎี (Kind & Osborne, 2017) สิ่งนี้สะท้อนให้เห็นได้อย่างชัดเจนว่าวิชาชีววิทยาเป็นวิชาที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งเมื่อศึกษาปัญหาในการจัดการเรียนรู้วิชาชีววิทยาจากเนื้อหาชีววิทยาในงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์บ่อยครั้งในวารสาร The Journal of Biology of Education (JBE) ซึ่งเป็นวารสารระดับนานาชาติที่นำเสนอเกี่ยวกับการศึกษาและการจัดการเรียนรู้วิชาชีววิทยา พบว่าเนื้อหาที่นักการศึกษาทั่วโลกทำวิจัยเพื่อแก้ปัญหาและพัฒนานักเรียนมากที่สุดคือ เนื้อหาเกี่ยวกับระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อม พันธุศาสตร์และเทคโนโลยีชีวภาพ เช่น เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอและวิวัฒนาการ ตามลำดับ เนื่องจากเนื้อหาดังกล่าวมีความเป็นนามธรรมสูงและเกี่ยวข้องกับสิ่งที่นักเรียนไม่เคยเห็นหรือบางสิ่งที่มีขนาดเล็กหรือใหญ่เกินกว่าจะจินตนาการ ซึ่งเป็นเรื่องยากต่อการเข้าใจของนักเรียน (Gul & Sozbilir, 2016) โดยเฉพาะเนื้อหาเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอที่เป็นเนื้อหาพันธุศาสตร์สมัยใหม่ที่มีความซับซ้อนและเป็นเรื่องยากสำหรับนักเรียนที่จะเชื่อมโยงหลักการทางพันธุศาสตร์กับปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวัน (Duncan et al., 2009; Knippels et al., 2005; Lewis & Kattmann, 2004) และเมื่อนักเรียนไม่สามารถทำความเข้าใจเนื้อหาดังกล่าวและไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นลักษณะสำคัญของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ จะส่งผลโดยตรงต่อการศึกษาในวิชาชีววิทยาและความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งในการจัดการเรียนการสอนเนื้อหาเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอในปัจจุบัน ได้มีการนำเกมการศึกษาเข้ามาใช้ในการสร้างสถานการณ์และเพิ่มความเป็นรูปธรรมของเนื้อหามากยิ่งขึ้น เพื่อให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และสามารถให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในการเชื่อมโยงหลักฐานสู่การอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้ (Casanoves et al., 2017)

จากปัญหาของนักเรียนในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ วิธีการในการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ลักษณะเฉพาะของนักเรียนที่มีช่วงอายุอยู่ในกลุ่ม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Gen Z และการวิเคราะห์เนื้อหาวิชาชีววิทยานั้น พบว่าวิธีการที่เหมาะสมในการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์คือการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์โดยพิจารณาหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับแนวคิดวิทยาศาสตร์เพื่อประกอบการให้เหตุผลและเชื่อมโยงสู่ข้อสรุป โดยใช้การสืบสอบที่สนุกสนานและส่งเสริมแรงจูงใจในการเรียน มีความรวดเร็วในการเรียนรู้และภาษาที่สื่อสารเข้าใจง่ายเหมาะสมกับช่วงวัยของนักเรียน

ผู้วิจัยจึงวิเคราะห์เอกสารเกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ พบว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน (Game-based inquiry learning) มีการนำเกมการศึกษามาใช้เป็นเป็นสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ โดยทำให้นักเรียนเกิดความขัดแย้งทางปัญญาจากสถานการณ์ของเกมและส่งเสริมให้เกิดการสืบสอบจากเกมเพื่อค้นพบคำตอบ โดยระหว่างสืบสอบนักเรียนจะพิจารณาหลักฐานและให้เหตุผลร่วมกัน จากการอภิปรายกลุ่มย่อยจนนำไปสู่การลงข้อสรุปตามหลักฐาน ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะของการให้เหตุผลแบบอุปนัยและนิรนัยที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อตีความหลักฐานและอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ (Lawson, 2009) อีกทั้งยังมีกลไกของเกมที่ดึงดูดและกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนุกสนานเพลิดเพลิน ช่วยเสริมสร้างแรงจูงใจในการเรียน (Chee, 2011; Gao et al., 2019; Panjaburee et al., 2014) โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ 1) นำเสนอสถานการณ์ 2) อธิบายเกม 3) กำหนดคำถาม 4) การสืบสอบจากเกมและ 5) การสรุปและอภิปราย ซึ่งมีข้อได้เปรียบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบตรงที่นักเรียนจะมีแรงจูงใจในการสืบสอบจากสถานการณ์ของเกมที่ชวนให้สงสัยและต้องการที่จะหาคำตอบ โดยจะสืบสอบจากคำถามที่นักเรียนสร้างขึ้น ซึ่งนักเรียนแต่ละคนจะมีบทบาทในการเล่นและมีส่วนร่วมในการอภิปรายจากประสบการณ์ในการเล่นเกม ทำให้ลดข้อจำกัดของการหลีกเลี่ยงการทำงานกลุ่มในการสืบสอบและครูยังสามารถควบคุมเวลาในการสืบสอบได้โดยกำหนดเวลาในการเล่นเกมของนักเรียน

จากสภาพปัญหาข้างต้นแสดงให้เห็นว่าความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์นั้นเป็นความสามารถที่จำเป็นในการใช้ชีวิตประจำวันของนักเรียนและมีความสำคัญต่อความฉลาดรู้วิทยาศาสตร์ โดยการขาดความเข้าใจหลักฐานทางวิทยาศาสตร์เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไม่สมบูรณ์ อีกทั้งลักษณะของนักเรียนที่มีช่วงอายุอยู่ในกลุ่ม Gen Z ที่ชอบความรวดเร็วในการเรียนรู้และภาษาที่สื่อสารเข้าใจง่าย ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานมาจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย สร้างแรงจูงใจในการเรียนและพัฒนาความฉลาดรู้วิทยาศาสตร์ที่เป็นเป้าหมายหลักของการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ในระดับชาติและนานาชาติ อีกทั้งยังเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ต่อไป

คำถามการวิจัย

การจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานสามารถส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายได้หรือไม่ อย่างไร

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน

2. เพื่อศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน

สมมติฐานการวิจัย

การจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานเป็นการจัดการเรียนรู้ที่นำแนวคิดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน ซึ่งส่งเสริมการสืบสอบจากสภาพแวดล้อมของเกมและเป็นกระบวนที่เปิดกว้างทางความคิดให้นักเรียนได้สืบสอบจากคำถามของตนเองโดยใช้หลักฐานที่พบในเกมเพื่อหาข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบอุปนัย (Inductive Reasoning) ที่มีการคิดเชื่อมโยงความสัมพันธ์จากข้อเท็จจริงที่พบสู่ข้อสรุปและการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบนิรนัย (Deductive Reasoning) ที่ใช้หลักฐานเป็นฐานในการยืนยันการตรวจสอบความรู้ก่อนที่จะลงข้อสรุป (Lawson, 2009; Schen, 2007) อีกทั้งยังสอดคล้องกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบสมมตินัย (Abduction Reasoning) ที่เกิดจากการสังเกตและเปรียบเทียบจากผลที่เกิดขึ้นสู่สาเหตุที่ยังไม่แน่ชัดโดยใช้การพยากรณ์ร่วมกับการให้เหตุผล (Lawson, 2009; Walton, 2014) โดยการเรียนรู้ด้วยเกมการศึกษายังช่วยเพิ่มแรงจูงใจ ดึงดูดและกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนุกสนาน มีความพยายามในการเข้าถึงเป้าหมายมุ่งมั่นที่จะเอาชนะความล้มเหลวของตนเอง และอยากเรียนอย่างต่อเนื่อง (Gao et al., 2019) ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะการเรียนรู้ของนักเรียนที่มีช่วงอายุอยู่ในกลุ่ม Gen Z ที่ชอบความรวดเร็วและความสนุกสนานในการเรียนรู้ ตลอดจนพฤติกรรมในการเล่นเกมที่เพิ่มขึ้นของนักเรียนระดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

มัธยมศึกษา โดยการเล่นมีส่วนช่วยในการพัฒนากระบวนการเรียนรู้และทักษะทางปัญญาที่จะนำไปสู่สิ่งที่เป็นนามธรรมได้ (Piaget, 1962) ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่เป็นการคิดแบบนามธรรม (Friedler et al., 1990; Lawson, 1985; Moshman, 2011; Schen, 2007; Stammen et al., 2018; Zimmerman, 2005) จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสามารถสรุปขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานได้เป็น 5 ขั้นตอน คือ 1) นำเสนอสถานการณ์ 2) อธิบายเกม 3) กำหนดคำถาม 4) การสืบสอบจากเกม 5) สรุปและอภิปราย ซึ่งทั้ง 5 ขั้นตอน สอดคล้องกับแนวการการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของ Lawson (2009) ที่นักเรียนต้องสร้างความรู้ด้วยตนเองจากสืบสอบและนำความรู้ที่ได้มาอธิบายและสร้างข้อสรุปจากปรากฏการณ์ อีกทั้งยังสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ช่วยในการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ (Adey & Shayer, 1990; Bao et al., 2009; Benford & Lawson, 2001; Gerber et al., 2001; Lawson, 1995; Thoron & Myers, 2012; ภคพร อิสระ, 2557)

จากข้อมูลข้างต้น ผู้วิจัยกำหนดสมมติฐานการวิจัย ดังนี้

1. นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมีแนวโน้มสูงขึ้นระหว่างเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขอบเขตการวิจัย

1. กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่เรียนวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมในโรงเรียนมัธยมศึกษา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสิงห์บุรี อ่างทอง สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

2. ตัวอย่าง คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ที่เรียนรายวิชาชีววิทยา2 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 40 คน ในโรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่งในสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสิงห์บุรี อ่างทอง ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling)

3. ตัวแปรที่ศึกษา มีดังนี้

3.1 ตัวแปรจัดกระทำ คือ การจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน

3.2 ตัวแปรตาม คือ ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

4. เนื้อหาที่ใช้ในการศึกษา คือ เนื้อหาชีววิทยา เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย

ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง กระบวนการคิดของนักเรียนในการรวบรวม วิเคราะห์และประเมินหลักฐานร่วมกับหลักการทางวิทยาศาสตร์และเชื่อมโยงสู่การลงข้อสรุปของเหตุการณ์อย่างสมเหตุสมผล สามารถวัดได้จากแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์โดยมี 4 องค์ประกอบ ดังนี้

1. การพิจารณาและใช้หลักฐาน คือ การที่นักเรียนสามารถรวบรวมข้อมูล พิจารณา วิเคราะห์และประเมินหลักฐานโดยใช้หลักการ ทฤษฎี กฎ ทางวิทยาศาสตร์ และใช้หลักฐานในการอ้างอิงสู่ข้อสรุป

2. การพยากรณ์ คือ การที่นักเรียนสามารถระบุการคาดคะเน การพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงในเชิงวิทยาศาสตร์ หรือความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลจากสถานการณ์โดยใช้หลักฐานในการคิดและให้เหตุผลที่สมเหตุสมผล

3. การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานเพื่อนำไปสู่การสร้างข้อสรุป คือ การที่นักเรียนสามารถอธิบายและระบุการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐาน โดยใช้หลักการ ทฤษฎี กฎ ทางวิทยาศาสตร์

4. การสร้างข้อสรุป คือ การที่นักเรียนสามารถระบุข้อสรุปที่เที่ยงตรงจากการพิจารณาหลักฐานอย่างสมเหตุสมผล โดยใช้หลักการ ทฤษฎี กฎ ทางวิทยาศาสตร์

การจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน หมายถึง การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมการศึกษาเป็นสภาพแวดล้อมในการสืบสอบ โดยมีการออกแบบกลยุทธ์ของเกมที่ส่งเสริมให้เกิดการสืบสอบร่วมกัน มีขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 นำเสนอสถานการณ์ ครูนำเสนอสถานการณ์ในชีวิตจริงที่เกี่ยวข้องกับเรื่องราวของเกมและท้าทายนักเรียนด้วยปัญหาจากสถานการณ์ของเกม โดยใช้คำถามปลายเปิดเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสงสัยและพยายามหาคำตอบ ซึ่งครูทำหน้าที่เชื่อมต่อสถานการณ์เกมเข้ากับเนื้อหาบทเรียนและเปิดโอกาสให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมจากอินเตอร์เน็ต เมื่อนักเรียนมีความรู้ในเนื้อหาเพิ่มขึ้นจะทำให้ตั้งคำถามที่ดีในการสืบสอบได้และใช้คำถามของตนเองในการกำหนดทิศทางการสืบสอบในขั้นต่อไปได้

ขั้นที่ 2 อธิบายเกม ครูอธิบายเป้าหมายของการเรียนรู้ วัตถุประสงค์ของเกม กติกาและสาธิตวิธีการเล่น ซึ่งเป็นรายละเอียดที่จำเป็นสำหรับเตรียมความพร้อมในการสืบสอบจากเกม

ขั้นที่ 3 กำหนดคำถาม นักเรียนกำหนดคำถามที่ใช้ในการสืบสอบซึ่งเป็นคำถามที่สงสัยและเป็นเบาะแสของปัญหา โดยครูทำหน้าที่ปรับแต่งคำถามให้มีความเหมาะสมเพื่อใช้คำถามของนักเรียนนำทางการสืบสอบจากเกม

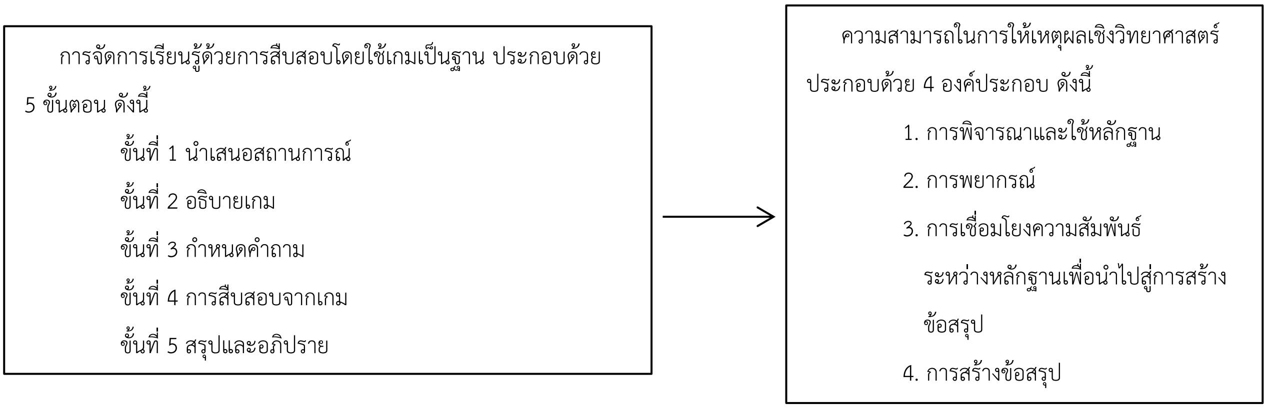
ขั้นที่ 4 การสืบสอบจากเกม นักเรียนวางแผนการสืบสอบจากคำถามที่สร้างขึ้นและพยากรณ์คำตอบที่เป็นไปได้เกี่ยวกับปัญหาที่สงสัย ซึ่งอาจกำหนดกลยุทธ์ในการเล่นของตนเองและสืบสอบร่วมกันผ่านการเล่นเกมโดยสร้างชุมชนการสืบสอบแบบร่วมมือ ที่เป็นกลุ่มขนาดเล็กและเล่นตามบทบาทสมมติจากสถานการณ์ของเกมโดยมีเป้าหมายของการเล่นที่แน่นอน นักเรียนสื่อสารกันในระหว่างเล่นเกมและรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการสืบสอบเพื่อนำมาวิเคราะห์และนำเสนอคำตอบเมื่อจบเกม โดยครูทำหน้าที่ให้คำแนะนำสำหรับวิธีการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์และสนับสนุนความร่วมมือของนักเรียนในกลุ่ม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นที่ 5 สรุปและอภิปราย นักเรียนนำเสนอผลการสืบสอบ สรุปและอภิปรายประสบการณ์จากการเล่นเกมและการสืบสอบร่วมกัน สื่อสารผลลัพธ์และสะท้อนผลการเรียนรู้ในรูปแบบต่าง ๆ

นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย หมายถึง นักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนมัธยมศึกษาในสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสิงห์บุรี อ่างทอง

กรอบแนวคิดการวิจัย



บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน ประกอบด้วย 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน (Game-based inquiry learning)

1.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน

1.2 องค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน

1.3 ความสำคัญของการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน

1.4 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน

1.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน

ตอนที่ 2 การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific reasoning)

2.1 ความหมายของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

2.2 ประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

2.3 องค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

2.4 ความสำคัญของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

2.5 แนวทางการวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตอนที่ 1 การจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน

1.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน

การจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ผ่านการเรียนด้วยเกม โดยนักการศึกษาให้ความหมายไว้ดังนี้

Chee (2011) อธิบายความหมายของการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานไว้ว่า เป็นการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมการศึกษา (educational game) ที่ออกแบบโดยใช้ทฤษฎีทางสังคมซึ่งมุ่งเน้นให้เกิดการฝึกประสบการณ์และการสืบสอบ

Chee and Tan (2012) อธิบายความหมายของการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานไว้ว่า เป็นการใช้เกมการศึกษาที่สร้างขึ้นเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ผ่านการสืบสอบที่รองรับผู้เล่น

ได้หลายคนและเล่นบนคอมพิวเตอร์ นักเรียนจะได้เรียนรู้ผ่านเกมและได้ฝึกการสืบสอบจากการสนทนาระหว่างนักเรียนที่ร่วมเล่น

Chang and Lin (2012) อธิบายความหมายของการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานไว้ว่า เป็นการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานที่มีกลยุทธ์ในการออกแบบเกมเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน

Chee (2016) อธิบายความหมายของการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานไว้ว่า เป็นการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมการศึกษาที่มีการส่งเสริมให้สืบสอบจากการเล่นเกม โดยใช้แบบจำลองเป็นสิ่งขับเคลื่อนให้นักเรียนเกิดการสืบสอบร่วมกัน เช่น แบบจำลองสมรรถนะ-การเล่น-การสนทนา (Performance-Play-Dialog Model)

Srisawasdi et al. (2017) อธิบายความหมายของการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานไว้ว่า เป็นการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมซึ่งมีการออกแบบกลยุทธ์การเรียนรู้แบบสืบสอบเพื่อพัฒนาสมรรถนะ (performance) ของนักเรียน

Gao et al. (2019) อธิบายความหมายของการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานไว้ว่า เป็นการจัดการเรียนรู้แบบเกมเป็นฐานที่ออกแบบเกมการศึกษาส่งเสริมให้เกิดการสืบสอบ โดยเกมการศึกษานั้นมีองค์ประกอบที่หลากหลาย เช่น กระดานคะแนน (scoreboards), เรื่องราว (storylines), การตอบกลับ (feedback) เป็นต้น

Srisawasdi and Panjaburee (2019) อธิบายความหมายของการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานไว้ว่า เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ประสานเกมการศึกษาและการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานเข้าด้วยกัน โดยส่งเสริมให้เกิดการสืบสอบจากเกม

Jiang et al. (2020) อธิบายความหมายของการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานไว้ว่า เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ตั้งอยู่บนทฤษฎีการเรียนรู้แบบสืบสอบที่มีเกมการศึกษาเป็นสภาพแวดล้อมการเรียนรู้หลัก ที่ใช้สำหรับการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์

จากความหมายของการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานดังที่นักการศึกษากล่าว สามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน คือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมการศึกษาเป็นสภาพแวดล้อมในการสืบสอบ โดยมีการออกแบบกลยุทธ์ของเกมที่ส่งเสริมให้เกิดการสืบสอบร่วมกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.2 องค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน

นักการศึกษาระบุองค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานไว้ดังนี้

Anupam et al. (2019) ระบุว่าองค์ประกอบที่สำคัญของการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน คือ

1) เกมการศึกษาที่ออกแบบสถานการณ์ที่ส่งเสริมการสืบสอบ โดยมี 2 องค์ประกอบ คือ

1.1 ปัญหาที่ยังไม่มีทางแก้ชัดเจน

1.2 การมีอิสระสูงในการเล่นเกม

ซึ่งในการออกแบบเกมต้องมุ่งเน้นที่กิจกรรมที่มีการทำงานแบบร่วมมือประกอบด้วย องค์ประกอบดังนี้

1. การพึ่งพาซึ่งกันและกันในเชิงบวก

2. การรับผิดชอบส่วนบุคคล

3. กลุ่มที่มีจำนวนน้อย ซึ่งประกอบด้วย

3.1 กลุ่มที่มีขนาดเล็ก

3.2 มีบทบาทที่ชัดเจน

3.3 มีความซับซ้อนเพียงพอ

3.4 คำแนะนำที่เพียงพอ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2) การเล่นเกม โดยให้นักเรียนได้ทำงานร่วมกันจากการเล่นเกม

3) การเรียนรู้จากเกม ซึ่งการเล่นและการเรียนรู้จากเกมนั้นเป็นสิ่งที่สนับสนุนซึ่งกันและกัน

Gao et al. (2019) ระบุว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานประกอบด้วย 3 องค์ประกอบคือ

1) โครงสร้างลำดับชั้นของกระบวนการเรียนรู้ เพื่อให้คำแนะนำนักเรียนในกระบวนการสืบสอบ

2) การสร้างสภาพแวดล้อมให้เกิดปัญหาและการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นสภาพแวดล้อมของเกมที่สร้างขึ้นเพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียน

3) การให้คำแนะนำเพื่อให้การเล่นเกมก้าวหน้าและคำแนะนำตามบริบท

Jiang et al. (2020) อธิบายว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน ประกอบด้วย 7 องค์ประกอบ ดังนี้

1) เกมการศึกษาที่กระตุ้นการสืบสอบ

2) การสร้างองค์ความรู้จากการสืบสอบ

3) การเรียนรู้แบบร่วมมือ

4) การศึกษาค้นคว้าอิสระ

5) การสะท้อนสิ่งที่ได้เรียนรู้จากเกม

6) การจำลองสถานการณ์เสมือนจริงของเกม

7) การเรียนรู้จากประสบการณ์ในบริบทของเกม

จากองค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานสามารถสรุปได้ว่าประกอบด้วย 2 องค์ประกอบ คือ 1) เกมการศึกษาที่ส่งเสริมการสืบสอบ ซึ่งเป็นเกมที่มีการสร้างสภาพแวดล้อมให้เกิดปัญหาเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนแก้ปัญหาอย่างอิสระจากการเล่นเกม 2) กิจกรรมที่มีการสืบสอบจากเกม เป็นกิจกรรมที่เกิดขึ้นในขณะเล่นเกม มีลักษณะดังนี้ 1. เป็นกิจกรรมที่มีการเล่นเกมและเกิดการเรียนรู้จากการสืบสอบในบริบทของเกม 2. มีการพึ่งพากันและกันในเชิงบวกและร่วมมือกันสืบสอบ 3. มีการรับผิดชอบส่วนบุคคล 4. มีการทำกิจกรรมเป็นกลุ่มขนาดเล็กและมีบทบาทในกลุ่มที่ชัดเจน 5. มีการให้คำแนะนำในการทำกิจกรรมที่เพียงพอเพื่อให้การเล่นก้าวหน้า 6. มีการสะท้อนสิ่งที่ได้เรียนรู้จากการทำกิจกรรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.3 ความสำคัญของการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน

การจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน ส่งเสริมให้นักเรียนสืบสอบผ่านเกมโดยใช้กลไกของเกมดึงดูดความสนใจและเสริมแรงทางบวกในการเรียน ทำให้นักเรียนเกิดความบันเทิงในขณะที่เล่น โดยเกมจะมีภารกิจ (Task) ที่ต้องสืบสอบจากสถานการณ์เสมือนจริง ซึ่งกำหนดปัญหาในการสืบสอบและเป้าหมายที่ต้องปฏิบัติอย่างชัดเจนเพื่อให้นักเรียนบรรลุสภาพแวดล้อมที่มีทรัพยากรในการแก้ปัญหาอย่างจำกัด ซึ่งนักเรียนจะต้องสำรวจอย่างแข็งขัน (actively explore) เพื่อวิเคราะห์และประเมินหลักฐานก่อนที่จะลงข้อสรุป ทำให้นักเรียนได้เรียนรู้และพัฒนาความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ ทักษะการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จากการเล่นเกม (Chee, 2011; Gao et al., 2019; Panjaburee et al., 2014) อีกทั้งยังส่งเสริมให้เกิดการ

แก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ (Chee, 2011) ซึ่งการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานนั้น ยังสามารถปลูกฝังและสนับสนุนความสามารถในการสืบสอบของนักเรียนได้อีกด้วย (Gao et al., 2019; Jiang et al., 2020) เนื่องจากการโต้ตอบและให้ข้อเสนอแนะของเกมทำให้นักเรียนสามารถแก้ไขข้อผิดพลาดได้ในทันที การปฏิบัติเช่นนี้จะนำไปสู่การสร้างตัวตนและการแสดงออกของลักษณะบุคคลทำให้นักเรียนขยายความรู้จากสถานการณ์ของเกมสู่ชีวิตจริงได้ อีกทั้งยังส่งเสริมการมีส่วนร่วมของนักเรียนในการทำงานแบบร่วมมือและแรงจูงใจในการเรียนโดยนำเสนอภารกิจที่ท้าทายและมอบรางวัลเมื่อเสร็จภารกิจ (Gao et al., 2019) จึงถือได้ว่าวิธีการจัดการเรียนรู้นี้เป็นรูปแบบที่เหมาะสมในการส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน (Chee, 2011; Dorji et al., 2015; Hwang et al., 2015; Kalz et al., 2014; Meesuk & Srisawasdi, 2014; Sabourin et al., 2012)

1.4 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน

การจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานนั้น จะใช้เกมการศึกษาเป็นสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้และการสืบสอบของนักเรียน ซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าการจัดการเรียนรู้ในลักษณะนี้จะนำเกมการศึกษามาเชื่อมโยงกับเนื้อหาและการสืบสอบโดยมีขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน ไม่มีรูปแบบที่เฉพาะ (Jiang et al., 2020) ผู้วิจัยจึงศึกษางานวิจัยก่อนหน้าและแบ่งกลุ่มการจัดการเรียนรู้ได้เป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 จัดการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานและขับเคลื่อนด้วยกิจกรรมในเกมและ กลุ่มที่ 2 จัดการเรียนรู้โดยใช้เกมการศึกษาเป็นฐานที่มีสถานการณ์เอื้อต่อการสืบสอบ ซึ่งขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่นักการศึกษาระบุไว้ มีดังนี้

1. กลุ่มที่ 1 จัดการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานและขับเคลื่อนด้วยกิจกรรมในเกม

Chang and Lin (2012) จัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานโดยใช้โทรศัพท์มือถือเป็นอุปกรณ์ในการเรียนร่วมกับเทคโนโลยีไร้สาย (Wireless technologies) ซึ่งออกแบบขั้นตอนการจัดการเรียนรู้จากขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบ (inquiry-based learning) ผสานรวมกับลักษณะของการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน (game-based learning) โดยใช้วัฒนธรรมไถหนาน (Tainan) ของประเทศจีนเป็นสิ่งดำเนินเรื่อง ซึ่งตัวอย่างเป้าหมายการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้และขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานของ Chang and Lin (2012)

เป้าหมายการออกแบบ	กิจกรรมการเรียนรู้	ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบ	ลักษณะของการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน
ทำความเข้าใจเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ของการเดินทางในวัฒนธรรมไถหนาน* และแนะนำการใช้อุปกรณ์	แนะนำกฎที่เกี่ยวข้องกับโทรศัพท์มือถือของระบบไร้สายที่อยู่ทั่วทุกแห่ง (ubiquitous system) และสอนนักเรียนในการใช้อุปกรณ์และระบบก่อนเริ่มใช้งาน	คำถาม (Question) คือ ครูนำเสนอเรื่องที่สอนและถามคำถามที่เกี่ยวข้องกับนักเรียน เพื่อเพิ่มความอยากรู้ของนักเรียน	เป้าหมาย (Goals)
เริ่มภารกิจของเกมและแนะแนวทางให้กับนักเรียนในการค้นหาตำแหน่งของเป้าหมาย	นักเรียนใช้ระบบไร้สายที่อยู่ทั่วทุกแห่ง (ubiquitous system) เพื่อรับคำถามนำ (leading questions) และเริ่มภารกิจตามคำใบ้ที่มีให้	การสืบสวน (Investigate) คือ นักเรียนสืบสวนตามเบาะแสของข้อมูลที่มี โดยสามารถทำการทดลองหรือกำหนดปัญหาอย่างต่อเนื่องและแยกปัญหาเพื่อให้สืบสอบง่ายขึ้น	เล่น (Play), สนุกสนาน (fun), เป้าหมาย (goals)
ค้นหาและสังเกตการณ์เป้าหมายที่ได้รับจากคำแนะนำ	ค้นหาตำแหน่งเป้าหมายตามเบาะแสที่ได้รับคำแนะนำ, สังเกตการณ์เป้าหมายและรับคู่มือที่แสดงบนอุปกรณ์โทรศัพท์เคลื่อนที่	การสร้างสรรค์ (Create) คือ การประสานและจัดระเบียบข้อมูลที่นักเรียนรวบรวมได้	การโต้ตอบ (Interactive), การเป็นตัวแทน (representation) และเรื่องราว (story)
การอภิปราย	อภิปรายและแบ่งปันประสบการณ์กับนักเรียนหรือคนในท้องถิ่น	การอภิปราย (Discuss) คือ การที่นักเรียนที่ร่วมกันสืบสอบเกี่ยวกับประสบการณ์ที่ได้รับ จาก 3 ขั้นแรก	ปฏิสัมพันธ์ (Interaction)
ตอบคำถาม	หลังจากได้รับความรู้จากภารกิจ, ระบบจะสร้างคำถามเพื่อให้แน่ใจว่านักเรียนเกิดความรู้ขึ้นและได้รับคำตอบของคำถามผ่านการสะท้อนผล	การสะท้อนผล (Reflect) คือ การสะท้อนผลและทบทวนปัญหา เพื่อบรรลุเป้าหมายและข้อสรุปที่เกี่ยวข้อง	ผลลัพธ์ (Outcomes) และข้อเสนอแนะตอบกลับ (Feedback), ชัยชนะ (win states) และการแก้ไขปัญหา (problem solving)

* อดีตเมืองหลวงของไต้หวัน ประเทศจีน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Lameras et al. (2014) ได้ฝึกอบรมให้ครูใช้เกมในการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน 7 ขั้น ดังนี้

1) การถามคำถาม (Question) คือ การสร้างคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนภายใต้ความสงสัยและได้รับการปรับแต่งคำถามโดยครูผู้สอนซึ่งใช้ตัวเลือกในเกม

2) หลักฐาน (Evidence) นักเรียนสร้างสมมติฐานทางวิทยาศาสตร์ของตนเองโดยใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ในเกม เช่น กล้องจุลทรรศน์ เพื่อรวบรวมข้อมูล

3) วิเคราะห์ (Analyzed) นักเรียนวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้วิธีการวิจัย (research methods) และกระบวนการที่ครูแนะนำ

4) อธิบาย (Explain) นักเรียนอธิบายหลักฐานและการวิเคราะห์ข้อมูลจากคำถามที่สร้างขึ้น

5) การเชื่อมโยง (Connect) นักเรียนเปรียบเทียบและเชื่อมต่อข้อมูลกับหลักฐานก่อนหน้านี้โดยครูแนะนำผ่านตัวเลือกในเกมและเนื้อหาเพิ่มเติม เช่น หนังสือ, วารสารและแหล่งข้อมูลจากเว็บไซต์

6) การสื่อสาร (Communication) นักเรียนสื่อสารสิ่งที่ค้นพบผ่านข้อโต้แย้งเชิงตรรกะ (logical arguments) ร่วมกับคำแนะนำของครู

7) การสะท้อนผล (Reflect) นักเรียนสะท้อนให้เห็นถึงการสืบสวนทางวิทยาศาสตร์ (scientific investigation) และกระบวนการสืบสอบ (inquiry process) ตามความช่วยเหลือและการสนับสนุนจากครูและเลือกผ่านเมนูการโต้ตอบในเกม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สำหรับการจัดกิจกรรมการสืบสอบไม่มีลำดับขั้นการสอนที่เฉพาะ การจัดการเรียนรู้สามารถทำซ้ำได้ตามต้องการเพื่อให้ได้ผลการเรียนรู้ที่สมบูรณ์

Hwang and Chen (2017) จัดการเรียนรู้แบบสืบสอบโดยใช้เกมเป็นบริบทในการเรียนรู้ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ในการเรียน แรงจูงใจ รูปแบบพฤติกรรม การคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาของนักเรียนโดยมีวิธีการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ตามแนวทางของการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบ ดังนี้

1. สร้างความสนใจ (Engagement) ให้งานที่ท้าทายเพื่อตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนและการมีส่วนร่วมในปรากฏการณ์ธรรมชาติที่พบเห็นได้ในชีวิตจริงผ่านกิจกรรมสั้น ๆ ที่ออกแบบมาเพื่อกระตุ้นความอยากรู้อยากเห็นของนักเรียน

2. สำรวจและค้นหา (Exploration) นักเรียนทำกิจกรรมการสืบสวนสอบสวน (investigation activity) จากการสำรวจปัญหาเพื่ออำนวยความสะดวกให้นักเรียนเปลี่ยนแปลงแนวคิดที่คลาดเคลื่อน ให้เป็นแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องได้เร็วขึ้น

3. อธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) นักเรียนอธิบายปรากฏการณ์เพื่อแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจในแนวคิดและทักษะกระบวนการ ซึ่งในช่วงเวลานี้นักเรียนสามารถใช้ตัวเลือกจากเกมเพื่อทำให้ค้นพบคำตอบของปัญหาได้รวดเร็วและถูกต้องได้ เช่น เมื่อนักเรียนเลือกโล่สีแดง ระบบเกมจะแนะนำให้สังเกตจุดสำคัญที่จะนำไปสู่คำตอบของปัญหา

4. ขยายความรู้ (Elaboration) นักเรียนจะขยายความเข้าใจแนวคิดและทักษะกระบวนการจากการทำกิจกรรมเพิ่มเติมเพื่อให้เกิดประสบการณ์ใหม่

5. ประเมิน (Evaluation) ประเมินความก้าวหน้าของนักเรียนในการบรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้ เช่น การตอบคำถามในระหว่างเล่นเกม ทำแบบทดสอบหลังเรียน เป็นต้น

2. กลุ่มที่ 2 จัดการเรียนรู้โดยใช้เกมการศึกษาเป็นฐานที่มีสถานการณ์เอื้อต่อการสืบสอบ

Millis et al. (2011) สร้างเกมการศึกษาที่ส่งเสริมการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาและนักศึกษาระดับอุดมศึกษา โดยสอนเกี่ยวกับทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง เกมนี้ดำเนินเรื่องโดยนักเรียนได้รับคัดเลือกจาก Federal Bureau of Science (FBS) เพื่อช่วยเหลือรัฐบาลในการระบุและจับสัตว์ต่างดาวที่มาจากกลุ่มดาวราศีเมษซึ่งเข้ามาในโลกนานกว่า 50 ปี สัตว์ต่างดาวขโมยทรัพยากรและเผยแพร่งานวิจัยที่ผิดพลาดเพื่อทำให้มนุษย์สับสนเกี่ยวกับวิธีการทางวิทยาศาสตร์และขายผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีคุณภาพซึ่งได้รับการพัฒนาจากงานวิจัยที่น่าสงสัย โดยสัตว์ต่างดาวสามารถหลบหนีความผิดที่ทำเนื่องจากสามารถแปลงกายเป็นมนุษย์และแฝงตัวอยู่ในสังคมได้ โดยนักเรียนจะต้องเรียนรู้เกี่ยวกับการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ผ่าน 3 โมดูล ดังนี้

1. โมดูลที่ 1 นักเรียนจะได้รับความรู้เกี่ยวกับการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ โดยการฝึกอบรมทางวิทยาศาสตร์ซึ่งต้องอ่านและผ่านการทดสอบจากหนังสือวิทยาศาสตร์ที่เขียนโดยสายลับ Fuaths โดยนักเรียนจะมาพร้อมกับตัวแทนผู้สอน 2 คน คือ ดร.ควินน์ ซึ่งทำหน้าที่เป็นครูและ Glass Tealman ทำหน้าที่เป็นเพื่อนของนักเรียน หนังสือวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยบทต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับแง่มุมของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เช่น กลุ่มควบคุม ตัวแปรในการทดลองต่าง ๆ หนังสือเล่มนี้

ยังอธิบายถึงวัฒนธรรมของสายลับ Fuaths และทัศนคติที่มีต่อเราและแสดงให้เห็นว่าพวกเขาคิดว่ามนุษย์สามารถเข้าใจผิดได้อย่างไร

2. โมดูลที่ 2 นักเรียนจะต้องวิเคราะห์กรณีศึกษาที่เป็นตัวอย่างของงานวิจัยที่เขียนโดย Fuaths โดยมีติวเตอร์เอนิเมชัน 2 คน คือ ดร.ควินน์และบรอท ช่วยนักเรียนระบุข้อบกพร่องที่มีอยู่ในกรณีศึกษา ซึ่งมีหลายรูปแบบ เช่น โดเมนที่มีเนื้อหาแตกต่างกันจะช่วยให้นักเรียนสรุปทักษะการประเมินผลทางวิทยาศาสตร์ เช่น การทดสอบสมมติฐานและการลงข้อสรุปในสาขาและบริบทต่าง ๆ ได้ โดยเป้าหมายหลักของโมดูลนี้ คือ ให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้รับจากโมดูลที่ 1 ไปใช้กับตัวอย่างงานวิจัยที่บกพร่องในชีวิตจริงได้

3. โมดูลที่ 3 นักเรียนจะสอบสวนผู้ต้องสงสัยว่าเป็นสายลับนักวิทยาศาสตร์ของ Fuaths หรือไม่ โดยใช้ข้อมูลจากตัวของผู้ต้องสงสัย งานวิจัยของเขาและเธอในรูปบทความสั้น ๆ หรือโฆษณา ซึ่งการวิจัยมีการนำเสนอข้อมูลเพียงเล็กน้อยเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดคำถาม โดยหน้าที่ของนักเรียนคือถามคำถามที่เกี่ยวข้องและตรวจสอบว่าการศึกษามีข้อบกพร่องหรือไม่ อย่างไร เพื่อให้แน่ใจว่าผู้ที่นำเสนอข้อมูลนั้นเป็นสัตว์ต่างดาว และหยุดการเผยแพร่ข้อมูล โมดูลนี้สอนการถามคำถามและการสืบสอบเนื่องจากในบริบทส่วนใหญ่ที่มีการอ้างเชิงประจักษ์ไม่ใช่หลักฐานทั้งหมดที่กล่าวอ้างอย่างชัดเจน ซึ่งจะเป็นการฝึกให้นักเรียนให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้อีกด้วย

Chee and Tan (2012) จัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานในวิชาเคมี สำหรับนักเรียนอายุ 13-14 ปี โดยพัฒนาเกมการศึกษาที่มีชื่อว่า Legends of Alkhimia ที่นักเรียนสามารถเล่นร่วมกันเป็นกลุ่มผ่านคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่เชื่อมต่อเครือข่ายเดียวกัน โดยนักเรียนได้รับบทบาทเป็นนักวิทยาศาสตร์รุ่นเยาว์ที่ต้องเผชิญกับความท้าทายในเกม ซึ่งออกแบบมาเพื่อให้นักเรียนได้สัมผัสกับวงจรการสืบสอบ 3 ขั้น โดยขั้นที่ 1 นักเรียนจะพบกับความท้าทาย จากการเปิดประตูที่ทำจากสารที่ไม่รู้จัก ซึ่งจะสามารถเอาชนะได้ด้วยการทดลองเสมือนจริงภายในเกม นักเรียนต้องระบุแหล่งที่มาของปัญหาและตั้งสมมติฐานว่าปัญหาจะได้รับการแก้ไขได้อย่างไร ขั้นที่ 2 นักเรียนดำเนินการตามความคิดของตนเองในห้องทดลองเสมือนจริงในเกมเพื่อผลิตสารที่อาจแก้ปัญหาได้ ขั้นที่ 3 นักเรียนทดสอบสารที่สร้างขึ้นในห้องทดลองเสมือนและตรวจสอบสมมติฐานที่สร้างขึ้นก่อนหน้าว่าถูกต้องหรือไม่ ซึ่งขั้นตอนทั้ง 3 นี้ออกแบบมาเพื่อเป็นวงจรการสืบสอบที่สมบูรณ์ ซึ่งขยายจากเกมไปสู่กิจกรรมหลังจบเกม ในการจัดการกับความท้าทายเหล่านี้นักเรียนต้องเสนอสมมติฐาน ทำการทดลองเสมือนจริง ทดสอบผลิตภัณฑ์ในห้องปฏิบัติการเสมือนในเกม สร้างทฤษฎีอธิบาย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โต้ตอบและร่วมมือกันในชั้นเรียนหลังจากจบเกม วงจรการสืบสอบจะทำซ้ำ 6 ครั้ง โดยมีเกม 6 ระดับในโปรแกรมการเรียนรู้ 8 ชุด โดยก่อนที่จะเล่นเกมครูจะแนะนำวิธีการเล่นและใช้คำถามเป็นการนำนักเรียนเข้าสู่เกมที่จะเรียนรู้ โดยก่อนเริ่มเล่นนักเรียนสามารถเลือกลักษณะของตัวละครในเกมได้ด้วยตนเอง ในขณะเล่นนักเรียนร่วมกันสนทนาสิ่งที่พบภายในเกมและสืบสอบร่วมกัน

ตัวอย่างระดับที่ 1 นักเรียนถูกโจมตีโดยสัตว์โลหะ 3 ตัว ซึ่งสามารถทำลายได้โดยใช้กรดในสนาม โดยเกมจะไม่แจ้งให้นักเรียนทราบว่าคืออะไร เมื่อเผชิญกับสถานการณ์ที่เป็นปัญหานี้นักเรียนจะได้รับปืนพร้อมกระสุน ซึ่งสามารถใช้เป็นอาวุธต่อสู้กับสัตว์โลหะได้ กระสุนปืนมีส่วนผสมของทรายและกรดซึ่งนักเรียนไม่รู้จักมาก่อน จะทำให้ปืนติดขัดในตอนแรกเนื่องจากทรายในกระสุนปืน นักเรียนจะพ่ายแพ้ต่อสัตว์โลหะและต้องถอยกลับไปที่ห้องทดลองเสมือนจริง ซึ่งมีอุปกรณ์พร้อมใช้งานและทดลองได้เสมือนจริง อุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการทั้งหมดได้รับการออกแบบจากอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการจริง เพื่อให้นักเรียนนำความรู้เดิมมาใช้ในเกมได้ หากผู้เล่นตั้งสมมติฐานว่ากระสุนปืนของพวกเขาติดขัดเนื่องจากความไม่บริสุทธิ์ของสารที่อยู่ภายใน นักเรียนอาจทำการทดลองเพื่อเพิ่มความบริสุทธิ์ของกระสุนปืน จากนั้นนำกลับมาใช้เพื่อตรวจสอบว่าสมมติฐานและการทดลองของเขาได้ผลตามที่ตั้งสมมติฐานไว้หรือไม่ ซึ่งความล้มเหลวแต่ละครั้งจะให้ข้อมูลสำคัญกับนักเรียน นักเรียนที่ประสบความสำเร็จจะมองว่าความล้มเหลวของเขาเป็นกระบวนการรวบรวมข้อมูลและปรับเปลี่ยนสมมติฐานของเขาให้เหมาะสมเพื่อที่จะประสบความสำเร็จในการเล่นเกม

Meesuk and Srisawasdi (2014) อธิบายว่าในกระบวนการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานนั้น นักเรียนจะทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม (collaborative work) กลุ่มละ 3-5 คน โดยมีขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1) ขั้นถามคำถามปลายเปิด ครูใช้คำถามปลายเปิดเกี่ยวกับหัวข้อที่จัดการเรียนรู้ เพื่อช่วยในกระบวนการสร้างสมมติฐานในการตอบคำถาม และสร้างพื้นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สำคัญสำหรับนักเรียน

2) สร้างสมมติฐาน นักเรียนสร้างสมมติฐานที่ทดสอบได้ ออกแบบการสืบสวนสอบสวน (investigation) ด้วยเกม

3) เล่นเกม นักเรียนเล่นเกมเป็นกลุ่มและทำงานที่ได้รับมอบหมายระหว่างเล่น คือบันทึกคะแนนและสิ่งที่ค้นพบจากเกมลงในสเปรดชีต (spreadsheet) ของ google นอกจากนี้แต่ละกลุ่มจะ

ได้รับมอบหมายให้วิเคราะห์ข้อมูลที่บันทึกไว้โดยเปรียบเทียบคะแนนของแต่ละบุคคลและใช้ Google Chat เพื่อพูดคุยในกลุ่ม

4) สรุปและอภิปราย เมื่อจบเกมนักเรียนทุกกลุ่มสื่อสารสิ่งที่ค้นพบระหว่างกลุ่มโดยสร้างงานนำเสนอ PowerPoint ผ่านการนำเสนอของ Google Drive เมื่อนักเรียนแลกเปลี่ยนเรียนรู้กันแล้ว ผู้สอนชักนำให้นักเรียนร่างข้อสรุปบนพื้นฐานของหลักฐานและการทำงานแบบร่วมมือ พร้อมทั้งอธิบายผลของการตรวจสอบสมมติฐาน

Dorji et al. (2015) จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานและขับเคลื่อนการสืบสอบด้วยกิจกรรมในเกมคอมพิวเตอร์ ที่มีชื่อว่า Residence Energy Saving Battle (RES-battle) โดยให้นักเรียนเล่นเกมเพื่อแข่งขันกันลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในบ้าน ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

1) แนะนำวัตถุประสงค์ของเกม (Objective) เช่น เกม RES-battle นักเรียนควรรู้การคำนวณเงินที่เกิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้าและวิธีการใช้ปัจจัยต่าง ๆ ในการตรวจสอบค่าไฟฟ้า

2) สาธิตกติกาและฟังก์ชันการใช้งานเบื้องต้น เช่น เกม RES-battle ออกแบบให้เหมาะสมกับสถานการณ์ของบ้านซึ่งประกอบด้วยเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้งานทั่วไป โดยเกมนี้แบ่งเป็น 2 ระดับ แต่ละระดับมีเวลาเล่น 30 วินาที ในระดับที่ 1 นักเรียนต้องมีเงินเพียงพอจึงจะผ่านไประดับที่ 2 ได้ ซึ่งต้องเก็บเหรียญที่ซ่อนอยู่ในเครื่องใช้ไฟฟ้า โดยจำนวนเหรียญจะขึ้นอยู่กับกำลังของเครื่องใช้ไฟฟ้านั้น เมื่อเก็บเหรียญจะเป็นการเปิดใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าและนักเรียนจะต้องจ่ายเงินในตอนท้าย

3) เล่นเกม ขั้นนี้นักเรียนจะประยุกต์ใช้ความรู้เพื่อตัดสินใจในบทบาทที่ได้รับ เช่น เหรียญที่สะสมไว้และพลังงานที่ใช้ไปจะถูกคำนวณโดยอัตโนมัติและแสดงในรูปแบบกราฟิกที่ด้านข้างของหน้าจอเกม ซึ่งช่วยให้นักเรียนประยุกต์ใช้ความรู้เชิงทฤษฎี ทักษะและกลยุทธ์ในการตัดสินใจในบทบาทที่ได้รับซึ่งส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดเรื่องพลังงานไฟฟ้า โดยวัตต์ของแต่ละอุปกรณ์จะแสดงแบบสุ่มในบางช่วงเวลา มูลค่าของเหรียญที่ซ่อนอยู่ในแต่ละเครื่องใช้ไฟฟ้ายังคงที่ไม่ว่าจะเลือกตอนต้นหรือตอนท้าย ในขั้นตอนนี้นักเรียนจะได้รับการสนับสนุนปัจจัยการใช้พลังงานซึ่งได้แก่กำลังไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าและระยะเวลาการใช้งาน

4) หยุดการเล่น ขั้นนี้นักเรียนจะหยุดการเล่นและเรียนรู้การประหยัดพลังงานของตนเอง เช่น หลังจาก 30 วินาที เกมจะหยุดเล่นโดยอัตโนมัติและแสดงว่า “หมดเวลา” หลังจากนั้นกราฟจำลองการใช้พลังงานจากการเล่นเกมของนักเรียนจะปรากฏขึ้นและแสดงค่าใช้จ่ายพลังงานและการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประหยัดพลังงานของนักเรียน (การออม = รายได้–ต้นทุนของพลังงาน) หากการออมเป็นบวก นักเรียนสามารถเล่นเกมระดับต่อไปที่มีความยากขึ้นหรือจะเล่นระดับเดิมอีกครั้งก็ได้

เมื่อสิ้นสุดการเล่นเกมนักเรียนจะต้องทำแบบทดสอบหลังเรียนที่เป็นแบบปรนัยหลายตัวเลือก เพื่อนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับแบบทดสอบก่อนเรียนและสรุปสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้จากเกม

จากขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานที่นักการศึกษาระบุ ผู้วิจัยสรุปโดยใช้รายละเอียดเชิงพฤติกรรมในแต่ละองค์ประกอบของขั้นตอนการจัดการเรียนรู้และสังเคราะห์ได้เป็น 5 ขั้นตอน ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สรุปขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	Chang and Lin (2012)	Chee and Tan (2012)	Lameras et al. (2104)	Meesuk and Srisawasdi	Millis et al. (2011)	Dorji et al. (2015)	Hwang and Chen (2017)
ขั้นที่ 1 นำเสนอสถานการณ์							
การอ่านข้อมูลก่อนเริ่มเกม					✓		
สร้างความสนใจและกระตุ้นการเรียนรู้	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
เชื่อมต่อเนื้อหาการเรียนรู้กับเกม	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ขั้นที่ 2 อธิบายเกม							
แนะนำวัตถุประสงค์ของเกม	✓	✓			✓	✓	
สาธิตกติกาและวิธีการเล่นเกม	✓	✓			✓	✓	
อธิบายเป้าหมายการเรียนรู้	✓	✓			✓		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	Chang and Lin (2012)	Chee and Tan (2012)	Lameras et al. (2104)	Meesuk and Srisawasdi	Millis et al. (2011)	Dorji et al. (2015)	Hwang and Chen (2017)
ขั้นที่ 3 กำหนดคำถาม							
นักเรียนกำหนดคำถามในการสืบสอบ	✓	✓	✓	✓	✓		✓
ขั้นที่ 4 การสืบสอบจากเกม							
วางแผนการสืบสอบ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
สืบสอบร่วมกัน	✓	✓	✓	✓			✓
รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสืบสอบ	✓	✓	✓	✓	✓		✓
เล่นเกม	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ขั้นที่ 5 สรุปและอภิปราย							
สรุปและอภิปรายประสบการณ์จากการเล่นเกม	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
สะท้อนผลจากการสืบสอบ	✓	✓	✓	✓		✓	✓
ขยายความรู้	✓						✓
ประเมิน							✓

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน มีรายละเอียด ดังนี้

ขั้นที่ 1 นำเสนอสถานการณ์ ครูนำเสนอสถานการณ์ในชีวิตจริงที่เกี่ยวข้องกับเรื่องราวของเกมและท้าทายนักเรียนด้วยปัญหาจากสถานการณ์ของเกม โดยใช้คำถามปลายเปิดเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสงสัยและพยายามหาคำตอบ ซึ่งครูทำหน้าที่เชื่อมต่อสถานการณ์เกมเข้ากับเนื้อหาบทเรียนและเปิดโอกาสให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมจากอินเตอร์เน็ต เมื่อนักเรียนมีความรู้ในเนื้อหาเพิ่มขึ้นจะทำให้ตั้งคำถามที่ดีในการสืบสอบได้และใช้คำถามของตนเองในการกำหนดทิศทางการสืบสอบในขั้นต่อไปได้

ขั้นที่ 2 อธิบายเกม ครูอธิบายเป้าหมายของการเรียนรู้ วัตถุประสงค์ของเกม กติกาและสาธิตวิธีการเล่น ซึ่งเป็นรายละเอียดที่จำเป็นสำหรับเตรียมความพร้อมในการสืบสอบจากเกม

ขั้นที่ 3 กำหนดคำถาม นักเรียนกำหนดคำถามที่ใช้ในการสืบสอบซึ่งเป็นคำถามที่สงสัยและเป็นเบาะแสของปัญหา โดยครูทำหน้าที่ปรับแต่งคำถามให้มีความเหมาะสมเพื่อใช้คำถามของนักเรียนนำทางการสืบสอบจากเกม

ขั้นที่ 4 การสืบสอบจากเกม นักเรียนวางแผนการสืบสอบจากคำถามที่สร้างขึ้นและพยากรณ์คำตอบที่เป็นไปได้เกี่ยวกับปัญหาที่สงสัย ซึ่งอาจกำหนดกลยุทธ์ในการเล่นของตนเองและสืบสอบร่วมกันผ่านการเล่นเกมโดยสร้างชุมชนการสืบสอบแบบร่วมมือ ที่เป็นกลุ่มขนาดเล็กและเล่นตามบทบาทสมมติจากสถานการณ์ของเกมโดยมีเป้าหมายของการเล่นที่แน่นอน นักเรียนสื่อสารกันในระหว่างเล่นเกมและรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการสืบสอบเพื่อนำมาวิเคราะห์และนำเสนอคำตอบเมื่อจบเกม โดยครูทำหน้าที่ให้คำแนะนำสำหรับวิธีการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์และสนับสนุนความร่วมมือของนักเรียนในกลุ่ม

ขั้นที่ 5 สรุปและอภิปราย นักเรียนนำเสนอผลการสืบสอบ สรุปและอภิปรายประสบการณ์จากการเล่นเกมและการสืบสอบร่วมกัน สื่อสารผลลัพธ์และสะท้อนผลการเรียนรู้ในรูปแบบต่าง ๆ

1.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานนั้น จะใช้วิธีการจัดการเรียนรู้และการออกแบบเกมที่หลากหลาย แสดงตัวอย่างงานวิจัย ดังนี้

Casanoves et al. (2017) จัดการเรียนรู้วิชาชีววิทยา ในเนื้อหาพันธุศาสตร์ หัวข้อเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ โดยใช้เกมสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ (scientific inquiry game) ซึ่งมีสถานการณ์ของเกมให้นักเรียนได้รับบาทบาทเป็นนักนิติวิทยาศาสตร์ที่ทำหน้าที่ประเมินทางวิทยาศาสตร์และเข้าร่วมทีมในการสืบสวนของตำรวจเพื่อค้นหาผู้ก่อเหตุในคดีโจรกรรม ซึ่งนักเรียนต้องพัฒนาและใช้การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ร่วมกับการตัดสินใจตามหลักฐานเพื่อไขปริศนาตลอดทั้งเกม กิจกรรมนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาความรู้ด้านพันธุศาสตร์ของนักเรียนและแสดงให้เห็นว่าหลักฐานทางพันธุกรรมนำไปใช้ในนิติวิทยาศาสตร์ได้อย่างไร จัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (problem based learning) ผ่านกิจกรรมที่มีชื่อว่า The Recal case ที่ออกแบบตามแนวทางของวิธีการสอนแบบวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคมและสิ่งแวดล้อม (Science,

Technology, Society and Environment : STSE) และการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเข้าด้วยกัน ตัวอย่างคือนักศึกษาฝึกสอนระดับปริญญาตรี จำนวน 120 คน จาก Universitat Rovira i Virgili (URV) ในเมืองตาราโกนา ประเทศสเปน โดยดำเนินการในกลุ่มชั้นเรียนที่แตกต่างกัน 6 กลุ่ม จำนวนผู้เข้าร่วมโดยเฉลี่ยในแต่ละกลุ่ม คือ 20.2 (± 5.19) คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 1) เกม The Recal case และใบกิจกรรมประกอบเกม 2) แบบสอบถามเกี่ยวกับการแก้ปัญหาในสถานการณ์เกม สถิติที่ใช้คือ ค่าเฉลี่ยนเลขคณิต ผลการวิจัยพบว่านักเรียนตอบคำถามในใบกิจกรรมระหว่างเล่นเกมได้ถูกต้องเฉลี่ย ร้อยละ 83 และตอบคำถามหลังจากเล่นเกมได้ถูกต้องเฉลี่ย ร้อยละ 60 โดยนักเรียนจำนวนครึ่งหนึ่งของกลุ่มนี้ ตอบถูกต้อง ร้อยละ 80 เมื่อวิเคราะห์เป็นรายบุคคลโดยการคำนวณร้อยละของกลุ่มที่ตอบคำถามแต่ละข้อถูกต้อง พบว่าคำถามส่วนใหญ่ (17 จาก 23 ข้อ) มีนักเรียนตอบถูกต้องมากกว่าร้อยละ 80 และจากการตอบแบบสอบถามเกี่ยวกับการแก้ปัญหาในสถานการณ์เกมแสดงให้เห็นว่านักเรียนทุกคนสามารถไขคดีของตำรวจได้ โดยนักเรียนตอบคำถามได้ว่าใครเป็นผู้ก่อเหตุ ร้อยละ 100 นักเรียนสามารถค้นพบว่าหนึ่งในผู้ต้องสงสัยนั้นเป็นบุตรบุญธรรม ร้อยละ 97 และนักเรียนสามารถระบุแฝดร่วมไข่จากการตรวจหาลำดับดีเอ็นเอได้ ร้อยละ 100 จึงสรุปการวิจัยได้ว่ากิจกรรมนี้เหมาะสมกับนักศึกษาระดับปริญญาตรีและเนื้อหาที่จัดเตรียมไว้ช่วยทำให้การเล่นเกมเสร็จสมบูรณ์

Jiang et al. (2020) ได้พัฒนาหลักสูตรการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบจำลองการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน ตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 52 คน อายุเฉลี่ย 12 ปี โดยมีอัตราส่วนของเพศชายต่อเพศหญิงเป็น 1:1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ 1) เกมการศึกษาที่มีชื่อว่า Farmtasia II, 2) แบบทดสอบ ที่ประกอบด้วย แบบปรนัย เติมคำในช่องว่างและแบบอัตนัยและ 3. แบบสำรวจ ที่ประกอบด้วย ข้อมูลพื้นฐาน ทัศนคติต่อวิธีการจัดการเรียนรู้ การตอบสนองต่อสื่อการเรียนรู้ การตอบสนองของนักเรียนที่มีต่อครูและการเรียนรู้แบบกลุ่ม ความคิดเห็นเกี่ยวกับพฤติกรรมการเรียนรู้ในเกมและแบบจำลองการจัดการเรียนรู้ ผลการวิจัยประกอบด้วย 4 ส่วน ได้แก่ 1) ด้านความรู้ พบว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนด้านความรู้ของนักเรียนลดลง เมื่อศึกษาเพิ่มเติมโดยแบ่งนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม ตามคะแนนเฉลี่ยที่นักเรียนทำได้ คือกลุ่มสูง ที่มีนักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยสูงสุด 11 อันดับแรก และกลุ่มต่ำที่มีนักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยต่ำสุด 10 อันดับสุดท้าย พบว่านักเรียนกลุ่มสูงมีคะแนนเฉลี่ยลดลง ร้อยละ 7.73 คะแนน และนักเรียนกลุ่มต่ำมีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้น ร้อยละ 2.60 คะแนน ซึ่งบ่งบอกได้ว่าแบบจำลองการจัดการเรียนรู้นี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

มีประสิทธิภาพดีกับนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียต่ำ 2) ด้านความพึงพอใจที่มีต่อแบบจำลองการจัดการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อแบบจำลองการจัดการเรียนรู้ ร้อยละ 61.2 โดยร้อยละ 27.1 ของนักเรียนเลือกเห็นด้วยอย่างยิ่งและเห็นด้วย โดยไม่มีนักเรียนคนใดเลือกไม่เห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง อีกทั้งนักเรียนยังเชื่อว่าแบบจำลองการจัดการเรียนรู้นี้สามารถเชื่อมโยงความรู้และประสบการณ์ในชีวิตจริงได้ ร้อยละ 86.7 3) ด้านความเข้าใจในการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ โดยงานวิจัยนี้เน้นที่ความสามารถในการตั้งคำถามและการคิดอย่างมีวิจารณญาณ พบว่านักเรียนเห็นด้วยว่าแบบจำลองการจัดการเรียนรู้นี้ช่วยให้ตั้งคำถามได้มากขึ้น ร้อยละ 77.6 นักเรียนคิดว่าสามารถค้นหาหลักฐานเพื่อคาดคะเนคำตอบได้ ร้อยละ 71.4 และนักเรียนเชื่อว่าแบบจำลองการจัดการเรียนรู้นี้สามารถช่วยให้เชี่ยวชาญในวิธีการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ได้ ร้อยละ 90 และ 4) ความคิดเห็นเกี่ยวกับเครื่องมือสนับสนุนการเรียนรู้ พบว่านักเรียนเชื่อว่า บล็อก, ฟอรัม, โบรชัวร์แนะนำเกมและการเสริมต่อการเรียนรู้มีประโยชน์ ร้อยละ 90 ทั้งยังมีความคิดเห็นในเชิงบวกกับเครื่องมือออนไลน์ จากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ พบว่าระดับความพึงพอใจของนักเรียนมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับเครื่องมือสนับสนุนการเรียนรู้ โดยเฉพาะระบบบล็อกและคำถามสะท้อนกลับ สรุปได้ว่าแบบจำลองการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน มีผลอย่างมากต่อการเรียนรู้ แบ่งเป็นประเด็น คือ 1) สามารถกระตุ้นความสนใจของนักเรียนได้ดี 2) ช่วยปรับปรุงการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วมอย่างมีประสิทธิภาพและส่งเสริมการเรียนแบบร่วมมือของนักเรียน 3) นักเรียนส่วนใหญ่มีความเชี่ยวชาญในขั้นตอนและวิธีการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งความสามารถในการตั้งคำถามและการคิดอย่างมีวิจารณญาณและ 4) แบบจำลองการจัดการเรียนรู้นี้มีประโยชน์มากสำหรับนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียต่ำ

รัชกร เวชวรนันท์ (2562) จัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานเพื่อพัฒนาทักษะการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแบบวัดทักษะการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ สถิติที่ใช้คือค่าเฉลี่ยเลขคณิตและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพโดยการวิเคราะห์เนื้อหา ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีทักษะการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นปานกลาง ร้อยละ 38.62 มีการพัฒนาทักษะการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นจากเรื่องที่ 1 ไปเรื่องที่ 2 ทั้ง 3 องค์ประกอบ จากระดับต่ำ (1.55) เป็นระดับปานกลาง (2.11) และยังพบว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานนั้น ส่งผลให้นักเรียนมีทักษะการเลือกใช้หลักฐานและการให้เหตุผลพัฒนาควบคู่กัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตอนที่ 2 การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

2.1 ความหมายของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งสำคัญต่อการแสวงหาความรู้และอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ นักการศึกษาได้กล่าวถึงการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ ดังนี้

Lawson (1985) ให้ความหมายของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ว่า เป็นการให้เหตุผลแบบนามธรรมที่บุคคลใช้ในการค้นหาและประเมินหลักฐานเพื่อสนับสนุนหรือปฏิเสธสมมติฐาน

Klahr and Dunbar (1988) ให้ความหมายของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ว่า เป็นการสร้างแนวคิดใหม่ จากหลักฐานที่ได้ในกระบวนการค้นคว้า การสร้างสมมติฐาน การออกแบบการทดลองและทดลอง โดยใช้กระบวนการคิดของนักวิทยาศาสตร์

Friedler et al. (1990) ให้ความหมายของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ว่า เป็นความสามารถที่บุคคลใช้เพื่อระบุปัญหาทางวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์สถานการณ์ กำหนดสมมติฐาน ออกแบบการทดลอง สังเกต วิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูล นำผลที่ได้ไปประยุกต์ใช้และทำนายสถานการณ์อื่นได้

Giere (1991) ให้ความหมายของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ว่า เป็นการคิดที่เกิดจากการประมวลหลักการทั่วไปกับตัวอย่างที่เป็นรูปธรรม เพื่อใช้ในการค้นพบทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงช่วยให้เกิดความเข้าใจและสามารถประเมินข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ในการดำรงชีวิตและการทำงานจนเกิดเป็นเหตุผลที่ใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์หรือตัวอย่างนั้น ๆ ได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Mayer (2003) ให้ความหมายของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ว่า เป็นกระบวนการทดสอบสมมติฐานอย่างเป็นระบบ เพื่อที่จะทดสอบความเป็นไปได้ของสมมติฐานโดยผ่านการปฏิบัติการทดลองเพื่อตรวจสอบปรากฏการณ์ เมื่อพบว่าสมมติฐานไม่สอดคล้องกับผลการทดสอบจะถูกปฏิเสธและเกิดการสร้างสมมติฐานขึ้นมาใหม่และทดสอบด้วยวิธีการใหม่

Zimmerman (2005) ให้ความหมายของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ว่า เป็นทักษะการคิดและการให้เหตุผลเชิงอุปนัยและนิรนัย ซึ่งเกี่ยวข้องกับทักษะการสืบสอบ การออกแบบการทดลอง การประเมินหลักฐาน การอนุมาน และการโต้แย้ง การเปลี่ยนแปลงแนวคิดหรือความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์

Howson and Urbach (2006) ให้ความหมายของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ว่า เป็นกระบวนการตรวจสอบทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์โดยการทดลอง เพื่อให้ได้ผลลัพธ์หรือข้อเท็จจริงที่มีเหตุผลและมีหลักฐานทางวิทยาศาสตร์มายืนยันความเป็นไปได้ของทฤษฎี

Schen (2007) ให้ความหมายของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ว่า เป็นกระบวนการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ผ่านการให้เหตุผลเชิงอุปนัยและนิรนัยและการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ โดยมีหลักฐานยืนยันในการตรวจสอบ

Moshman (2011) ให้ความหมายของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ว่า เป็นการคิดอย่างมีเหตุผลโดยใช้การอนุมาน การตรวจสอบสมมติฐานที่นำไปสู่ข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล ทฤษฎีและหลักฐาน จนทำให้เกิดความเข้าใจทฤษฎีและหลักการทางวิทยาศาสตร์

Stammen et al. (2018) ให้ความหมายของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ว่า เป็นการให้เหตุผลเพื่อใช้ในการทำความเข้าใจปรากฏการณ์ เหตุการณ์และกระบวนการ โดยประกอบด้วยการให้เหตุผลเชิงอนุมาน เชิงสมมติฐาน การควบคุมตัวแปร การตั้งสมมติฐาน และการสรุปตามหลักฐาน ทำให้ได้ข้อสรุปและเข้าใจทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช (2542) ให้ความหมายของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นวิธีการที่จะทำให้ได้แนวคิดซึ่งเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการเริ่มต้นศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบ นักวิทยาศาสตร์ใช้วิธีการคิดหาเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อให้ได้แนวทางในการค้นคว้าทดลอง ซึ่งการคิดหาเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นวิธีการหาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่ปรากฏอยู่กับสิ่งที่มนุษย์ต้องการจะรู้หรืออาจกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าเป็นการสรุปความรู้ใหม่จากสิ่งที่รู้อยู่โดยใช้เหตุใช้ผล ใช้ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ที่มีอยู่

จากความหมายดังกล่าว สรุปได้ว่าการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ คือ ความสามารถที่บุคคลใช้ในการให้เหตุผลแบบนามธรรม ซึ่งเป็นการให้เหตุผลเชิงอุปนัยและนิรนัยในการค้นหาและประเมินหลักฐาน โดยใช้การทดลอง การสืบสอบ การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในการตรวจสอบสมมติฐานเพื่อสรุปหรือปฏิเสธสมมติฐาน นำไปสู่ข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล ทฤษฎีและหลักฐาน จนทำให้เกิดความเข้าใจทฤษฎี หลักการทางวิทยาศาสตร์และอธิบายปรากฏการณ์หรือตัวอย่างนั้น ๆ ได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.2 ประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่นักการศึกษาจัดจำแนกไว้มีหลากหลายประเภทซึ่งเกิดจากเกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนกต่างกัน ดังนี้

Holyoak and Morrison (2005) ได้แบ่งการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ออกเป็น 2 ประเภท คือ 1. การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deductive Reasoning) คือ ความสัมพันธ์เชิงตรรกะระหว่างข้อความ ซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้ในการตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์โดยการตั้งสมมติฐานและตรวจสอบสมมติฐานจนได้ข้อสรุปและ 2. การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Inductive Reasoning) คือ กิจกรรมภายในจิตใจที่ได้จากการสังเกตปรากฏการณ์ธรรมชาติและสรุปสิ่งที่ได้จากการสังเกตด้วยความเชื่อมโยงสัมพันธ์กัน ซึ่งเป็นสิ่งที่นำไปสู่การอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติด้วยความสมเหตุสมผล เช่น เมฆครึ้มจะทำให้ฝนตก หงส์ทุกตัวเป็นสีขาว เป็นต้น

Lawson (2009) แบ่งประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ 4 ประเภท คือ

1) การให้เหตุผลแบบสมมตินัย (Abduction Reasoning) เป็นการให้เหตุผลที่เกิดขึ้นภายในจิตใจของบุคคล ซึ่งเกิดจากการสังเกตและเปรียบเทียบกับสมมติฐานของตนเองโดยใช้ความรู้ที่มีอยู่

2) การให้เหตุผลแบบอธิบาย (Retroduction Reasoning) เป็นการให้เหตุผลโดยการอนุมานสมมติฐานที่ได้จากการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบสมมตินัย ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการประเมินคำอธิบายทางเลือกในวิทยาศาสตร์

3) การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deductive Reasoning) เป็นการให้เหตุผลเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของสมมติฐานในการทำนายสิ่งที่จะเกิดขึ้น โดยผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นสิ่งยืนยันว่าสมมติฐานนั้นถูกต้อง

4) การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Inductive Reasoning) เป็นการให้เหตุผลที่ช่วยเพิ่มความมั่นใจในการยืนยันข้อสรุปนั้นว่าเป็นสิ่งที่ถูกต้องด้วยการเพิ่มส่วนที่สนับสนุนหรือข้อโต้แย้ง

Kind and Osborne (2017) ระบุว่าการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ มี 6 ประเภท คือ

1) การให้เหตุผลเชิงนิรนัยทางคณิตศาสตร์ (mathematical deduction) คือ การใช้คณิตศาสตร์เพื่อการโต้แย้งแบบนิรนัย (deductive argument) โดยชาวกรีกเป็นชาติแรกที่ให้เหตุผลแบบนี้ซึ่งพบในงานของยูคลิดผู้ที่เป็นบิดาของวิชาเรขคณิต, พีทาโกรัสและอื่น ๆ โดยแสดงปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นด้วยตัวเลขเชิงปริมาณหรือสัญลักษณ์พีชคณิตและต่อมาจัดเป็นสิ่งสำคัญสำหรับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยาศาสตร์ โดยคณิตศาสตร์เป็นหนึ่งในภาษาหลักของวิทยาศาสตร์ที่ใช้เป็นเครื่องมือในการคาดการณ์แบบนิรนัยอีกทั้งยังสามารถพบได้ทั้งศาสตร์ทางด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์

2) การประเมินผลการทดลอง (experimental evaluation) เป็นวิธีการสืบสอบเชิงประจักษ์เพื่อกำหนดรูปแบบ, แยกแยะความแตกต่างของวัตถุรูปแบบหนึ่งกับแบบอื่น ๆ และเพื่อทดสอบการทำนายของสมมติฐาน โดยผู้ที่ริเริ่มให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในการประเมินผลการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน คือ กาลิเลโอ โดยเขามองว่ามวลใด ๆ ที่ตกจากที่สูงลงสู่พื้นโลกจะมีความเร่งในการตกที่เท่ากัน โดยนำลูกกระสุนสองลูกที่มีขนาดต่างกันวางตำแหน่งเดียวกัน และปล่อยพร้อมกันจากหอคอยปิซ่า ซึ่งพบว่าที่ระดับความสูงเดียวกันมวลที่มีขนาดต่างกันจะมีความเร่งในการตกเท่ากันนับตั้งแต่กาลิเลโอได้สำรวจเชิงทดลองก็ได้กลายมาเป็นวิธีการสำคัญในวิทยาศาสตร์เกือบทุกแขนงโดยมีการใช้หลักฐานเพื่อทดสอบว่าแนวคิดทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้

3) การสร้างแบบจำลองสมมติฐาน (hypothetical modeling) เป็นการสร้างแบบจำลองเชิงเปรียบเทียบและเชิงสมมติฐานเพื่อเป็นตัวแทนของสิ่งต่าง ๆ ในโลก ความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ได้รับการพัฒนาโดยการสร้างแบบจำลองจากสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์สังเกต ซึ่งแบบจำลองเชิงเปรียบเทียบใช้เพื่อแสดงสิ่งต่าง ๆ ที่ใหญ่เกินกว่าจะจินตนาการ เช่น ระบบสุริยะ หรือเล็กเกินกว่าจะมองเห็น เช่น เซลล์ หรือแบบจำลองอะตอมของโบห์

4) การจัดหมวดหมู่และการจำแนกประเภท (categorization and classification) เป็นการเรียงลำดับของความหลากหลายโดยการเปรียบเทียบและจัดจำแนก เช่น การจำแนกหิน สัตว์ อนุภาคและสารเคมีออกจากกัน การกำหนดแนวคิดให้กับสิ่งต่าง ๆ ในโลกเป็นกุญแจสำคัญในการสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับโลก ซึ่งไม่เพียงแค่วิชาชีววิทยาเท่านั้นในส่วนของวิชาเคมียังใช้เพื่อพัฒนาตารางธาตุโดยพิจารณาจากการสร้างธาตุชนิดใหม่ และในวิชาฟิสิกส์ใช้เพื่อแยกแยะแนวคิดที่แตกต่างกัน เช่นความร้อนกับอุณหภูมิ มวลกับน้ำหนัก และพลังงานกับกำลัง

5) การให้เหตุผลเชิงความน่าจะเป็น (probabilistic reasoning) เป็นการวิเคราะห์เชิงสถิติในประชากร การระบุรูปแบบและวิธีคำนวณของความน่าจะเป็นซึ่งเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของวิทยาศาสตร์ เช่น การเชื่อมโยงระหว่างโรคมะเร็งผิวหนังกับแสงแดด โดยข้อมูลแสดงให้เห็นถึงการลดลงเชิงเส้นในการเกิดโรคมะเร็งผิวหนังในสมาชิกของประชากรที่มีละติจูดที่เพิ่มขึ้น

6) การให้เหตุผลเชิงวิวัฒนาการตามประวัติศาสตร์ (history-based evolutionary reasoning) เป็นการสร้างเรื่องราวทางประวัติศาสตร์ของการกำเนิดและการพัฒนาของสปีชีส์, โลก,

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ระบบสุริยะ, จักรวาล และองค์ประกอบอื่น ๆ ซึ่งอธิบายเกี่ยวกับต้นกำเนิดของส่วนประกอบและลักษณะของโลก และยังเป็นองค์ประกอบหลักของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยอาศัยการสร้างทฤษฎีเกี่ยวกับสิ่งที่อาจเกิดขึ้นในอดีต เช่น แนวคิดของชาร์ล ดาร์วิน ที่เกิดจากการสังเกตอย่างละเอียดเกี่ยวกับความหลากหลายของรูปแบบของสิ่งมีชีวิตที่มีอยู่ในธรรมชาติและตั้งคำถามว่าความแตกต่างดังกล่าวเกิดขึ้นได้อย่างไรซึ่งใช้การอนุมานจากหลักฐานเพื่อสร้างทฤษฎี

กิรติ บุญเจือ (2550) ได้จัดจำแนกการให้เหตุผลเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1) การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deductive Reasoning) คือ การอ้างเหตุผลตรง ๆ โดยมี 3 ประโยคตรรกวิทยาเป็นองค์ประกอบ จะมีมากหรือน้อยกว่านี้ไม่ได้ เพราะการอ้างเหตุผลครั้งหนึ่ง ๆ จะต้องมีการตัดสินอยู่ก่อน 2 ครั้ง ซึ่งในการตัดสินทั้ง 2 ครั้งนี้จะต้องมีแนวคิดเดียวกันอยู่ส่วนหนึ่ง หมายความว่าในการตัดสินเดิม 2 ครั้งนั้นมีแนวคิดอยู่ 3 หน่วย ไม่มากน้อยกว่านั้น เมื่อตัดสินครั้งที่ 3 ก็นำแนวคิดอีก 2 หน่วยที่เหลือมาตัดสิน ไม่ได้มีแนวคิดใหม่เพิ่มขึ้น โดยสองประโยคแรกที่มาจากการตัดสิน 2 ครั้งเดิม เรียกว่า ประโยคอ้าง (premises) ส่วนประโยคที่ 3 มาจากการตัดสินครั้งสุดท้าย เรียก ประโยคสรุป (conclusion)

2) การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Inductive Reasoning) คือ การพิสูจน์โดยอ้างประสบการณ์เฉพาะหน่วยสนับสนุนข้อความทั่วไปที่ยังไม่แน่ใจ เช่น เราเคยเห็นต้นมะพร้าวมาจำนวนมากแล้วปรากฏว่าไม่แตกกิ่งก้านเหมือนต้นไม้อื่น ๆ เราก็อุปนัยเป็นกฎทั่วไปว่า “ ต้นมะพร้าวทุกต้นไม่แตกกิ่งก้าน ”

จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช (2542) ได้แบ่งประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิยาศาสตร์ ตามลักษณะของความรู้ที่ปรากฏและลักษณะของความรู้ใหม่ที่มนุษย์ต้องการศึกษา เป็น 3 ประเภท ดังนี้

1) การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deductive Reasoning) คือ กระบวนการคิดเชื่อมโยงจากความรู้ทั่วไปสู่เรื่องที่เฉพาะเจาะจงหรือคามรู้เฉพาะหน่วย โดยใช้หลักการทางตรรกะ นั่นคือ การใช้แนวคิด หลักการ ทฤษฎี หรือกฎ อธิบายสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือหาข้อสรุป ซึ่งเป็นเรื่องเฉพาะหน่วย คำอธิบาย และข้อสรุปที่ได้รับคือ ความรู้ใหม่

2) การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Inductive Reasoning) คือ กระบวนการคิดเชื่อมโยงเพื่อหาข้อสรุปที่เป็นหลักการทั่วไป จากความจริงที่รวบรวมได้จากการสังเกตโดยตรง นั่นก็คือ การสรุปอ้างอิงจากเหตุการณ์เฉพาะหน่วยเพื่อให้ได้หลักการทั่วไป ซึ่งเป็นกระบวนการที่สวนทางกับการให้เหตุผลเชิงนิรนัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3) การให้เหตุผลแบบอุปนัย-นิรนัย (Inductive-Deductive Method) หรือวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (scientific method) คือ กระบวนการคิดเพื่อหาข้อสรุป ที่เริ่มจากการสังเกตแล้วสรุปความรู้จากการสังเกต นั่นก็คือ การคิดหรือให้เหตุผลเชิงอุปนัยแล้วตั้งสมมติฐานตามข้อสรุปที่อุปนัยได้ แล้วทำการทดสอบสมมติฐานโดยการรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อพิจารณาว่าข้อมูลที่ได้จะสนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่ นั่นก็คือถ้าสมมติฐานเป็นจริงเราจะพบอะไร เป็นการลงความเห็นโดยพิจารณาจากหลักการทั่วไปสู่เรื่องเฉพาะ สมมติฐานคือหลักการทั่วไปที่จะต้องทดสอบว่าจริงหรือไม่ ข้อมูลที่รวบรวมไว้เพื่อทดสอบสมมติฐานคือ ข้อสรุปเฉพาะหน่วย นั่นก็คือการให้เหตุผลเชิงนิรนัย

จากประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่นักการศึกษาจัดจำแนก สามารถสรุปได้โดยใช้ความสอดคล้องขององค์ประกอบในแต่ละประเภท ซึ่งแบ่งได้เป็น 5 ประเภทหลัก ได้แก่

1) การให้เหตุผลแบบนิรนัย คือ ความสัมพันธ์เชิงตรรกะที่เชื่อมโยงความรู้ทั่วไปสู่เรื่องที่เฉพาะเจาะจง ประกอบด้วยประโยคอ้างและประโยคสรุป ซึ่งใช้ในการตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์โดยการตั้งสมมติฐานและตรวจสอบสมมติฐานจนได้ข้อสรุป

2) การให้เหตุผลแบบอุปนัย คือ การสังเกตปรากฏการณ์ธรรมชาติและเชื่อมโยงความจริงที่รวบรวมได้ร่วมกับข้อสนับสนุนหรือข้อโต้แย้งก่อนลงข้อสรุปเพื่อทำนายปรากฏการณ์ด้วยความสมเหตุสมผล

3) การให้เหตุผลแบบอุปนัย-นิรนัย คือ การสังเกตปรากฏการณ์ธรรมชาติแล้วสรุปความรู้ที่ได้จากการสังเกตและตั้งสมมติฐานจากข้อสรุปที่อุปนัยโดยใช้ความสัมพันธ์เชิงตรรกะร่วมกับการรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมในการสรุปผล

4) การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบสมมตินัย เกิดจากการสังเกตและเปรียบเทียบกับสมมติฐานของตนเองโดยใช้ความรู้ที่มีอยู่

5) การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบอธิบาย เป็นการให้เหตุผลโดยการอนุมานสมมติฐานที่ได้จากการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบสมมตินัย ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการประเมินคำอธิบายทางเลือก ในวิทยาศาสตร์

เมื่อพิจารณาเพิ่มเติมในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ พบว่ามีการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบ่งได้เป็น 3 ประเภทคือ 1) การสร้างแบบจำลองสมมติฐาน 2) การจัดหมวดหมู่และการจำแนกประเภทและ 3) การประเมินผลการทดลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ในการวิจัยครั้งนี้ใช้การแบ่งประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในแบบของ Lawson (2009) เนื่องจากมีความครอบคลุมประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้น อีกทั้งองค์ประกอบของแต่ละประเภทยังมีลักษณะเฉพาะที่ชัดเจน ไม่มีความทับซ้อนกัน

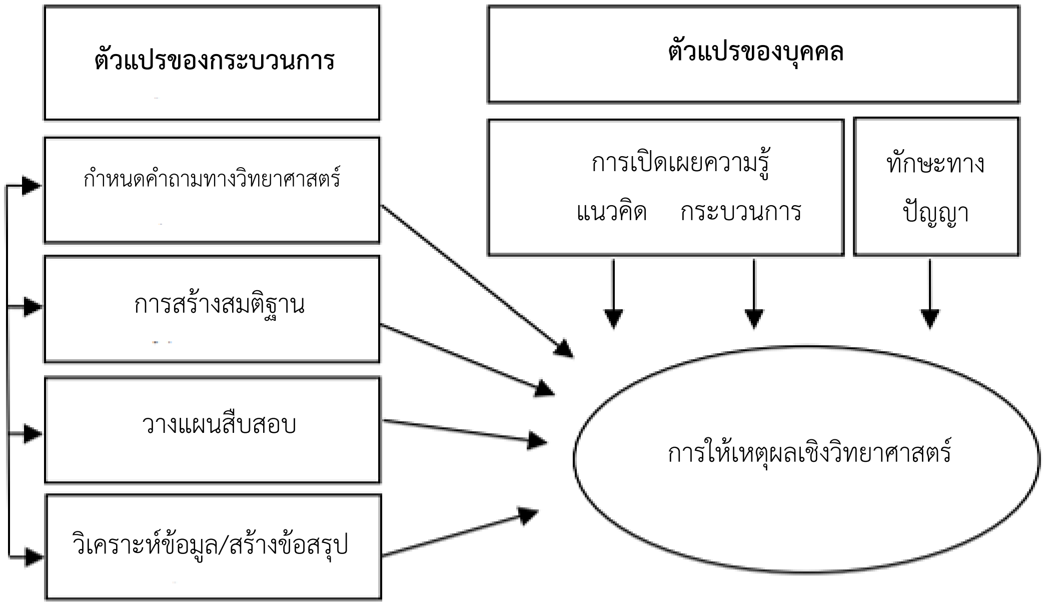
2.3 องค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาและโครงการประเมินระดับนานาชาติ ได้ระบุองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไว้อย่างหลากหลาย ดังนี้

Lawson (1978) พัฒนาแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษา โดยศึกษาข้อมูลกับนักเรียนที่อยู่ในช่วงอายุตั้งแต่ 12-18 ปี แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ เกรด 8 อายุเฉลี่ย 14.1 ปี, เกรด 9 อายุเฉลี่ย 15.2 ปี และเกรด 10 อายุเฉลี่ย 16.5 ปี จำนวนทั้งสิ้น 153 คน ที่ได้จากการเลือกแบบสุ่ม ซึ่งเทียบเท่ากับมัธยมศึกษาปีที่ 2-4 ของประเทศไทย โดยระบุองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 4 องค์ประกอบคือ 1) การค้นหาและประเมินหลักฐาน เพื่อสนับสนุนหรือปฏิเสธสมมติฐาน 2) การสังเกตปรากฏการณ์ 3) การพยากรณ์ผลที่จะเกิดจากปรากฏการณ์ 4) การลงข้อสรุป ตัวอย่างเช่น การให้เหตุผลตามสัดส่วน-1 : ใช้ภาชนะพลาสติกทรงกระบอก 2 อันที่มีความสูงเท่ากันแต่มีเส้นผ่านศูนย์กลางต่างกัน และแสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำที่กำหนดเพิ่มขึ้น 4 หน่วยในภาชนะกว้างและเพิ่ม 6 หน่วย เมื่อเทน้ำลงในภาชนะแคบ (การสังเกตปรากฏการณ์) นักเรียนจะถูกขอให้ทำนายว่า (การพยากรณ์ปรากฏการณ์) ปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้น 6 หน่วยในภาชนะกว้างจะสูงขึ้นได้อย่างไรหากเทลงในภาชนะแคบ (การค้นหาและประเมินหลักฐานและการลงข้อสรุปจากการสังเกตปรากฏการณ์)

Mayer (2007) เสนอกรอบแนวคิดในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ที่เกิดขึ้นจาก 2 ตัวแปร ได้แก่ ตัวแปรของกระบวนการและตัวแปรบุคคล ซึ่งส่งผลต่อการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และกล่าวว่าการสืบสอบเป็นกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาที่ครอบคลุม 3 ทักษะ คือ ทักษะการปฏิบัติ (practical skills), การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (scientific reasoning) และความเชื่อทางญาณวิทยา (epistemological beliefs) ดังภาพที่ 1

CHULALONGKORN UNIVERSITY



ภาพที่ 1 แบบจำลองการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ดัดแปลงจาก Mayer (2007)

Brown et al. (2010) เสนอกรอบแนวคิดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์โดยใช้หลักฐาน (The Evidence-Based Reasoning Framework) ซึ่งใช้ในการสร้างเครื่องมือวิเคราะห์และประเมินความสามารถในการให้เหตุผลจากหลักฐาน การเขียนและการอภิปรายในชั้นเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษา ที่เรียกว่า BER framework กรอบแนวคิดนี้คล้ายแผนผังที่แสดงให้เห็นว่า 2 ปัจจัยนำเข้า ได้แก่หลักฐานและข้อมูล ถูกประมวลผ่านขั้นตอนที่แตกต่างกัน 3 ขั้นตอน คือ การวิเคราะห์ การตีความ และการประยุกต์ใช้ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์เป็นคำอธิบายของทฤษฎี มีองค์ประกอบดังภาพที่ 2 และมีรายละเอียดดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1) ข้อกล่าวอ้าง (claim) คือ คำกล่าวเกี่ยวกับผลลัพธ์ที่มีความเฉพาะเจาะจง หรือทำนายบางสิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เช่น กล่องจะจม การสังเกตสิ่งที่เกิดขึ้นแล้ว เช่น กล่องนี้จมแล้ว หรือข้อสรุปเกี่ยวกับบางสิ่งที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน เช่น กล่องจม

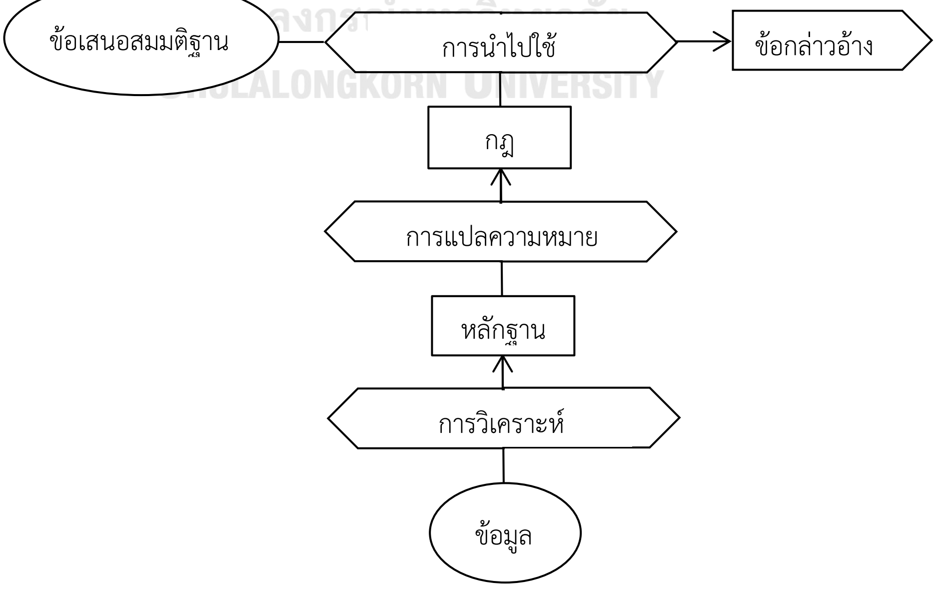
2) ข้อเสนอสมมติฐาน (premise) คือ คำกล่าวที่ใช้ในการอธิบายสถานการณ์เฉพาะ ซึ่งเป็นข้อมูลป้อนเข้าเพื่อให้เกิดผลลัพธ์ สามารถอธิบายได้โดยข้อกล่าวอ้าง โดยระบุคุณลักษณะที่เกี่ยวข้องหรือคุณสมบัติ เช่น กล่องนี้หนัก

3) กฎ (rule) คือ การเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง ซึ่งเป็นคำกล่าวที่อธิบายความสัมพันธ์ทั่วไป เช่น สิ่งของที่หนักจะจม ความสัมพันธ์เหล่านี้โดยทั่วไปจะยึดถือในบริบทและ

สถานการณ์ที่ไม่ได้ตั้งข้อสังเกตไว้ก่อนหน้า สะท้อนให้เห็นถึงการมุ่งเน้นไปที่การสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ โดยที่กฎไม่จำเป็นต้องถูกเสมอไปซึ่งอาจจะเป็นวิทยาศาสตร์หรือสัญชาตญาณก็ได้ขึ้นอยู่กับกรณี กฎอาจจะเป็นกฎทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการยอมรับ เช่น หลักการของอาร์คีมีดีส หรือแง่มุมของทฤษฎีสัญชาตญาณ เช่น ความคิดของนักเรียนเกี่ยวกับทุ่นลอยน้ำ ว่าสิ่งที่หนักต้องจม โดยทั่วไปกฎมีวัตถุประสงค์เพื่อแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งต่าง ๆ หรือความคิด โดยความสัมพันธ์ดังกล่าวอาจประกอบด้วย ทฤษฎี หลักการ กฎ ข้อเสนอ ความสัมพันธ์ หรือแนวคิดทั้งที่เป็นวิทยาศาสตร์หรือด้านอื่น กฎในกรอบแนวคิดนี้จะนิยามโดยหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งต่าง ๆ หรือความคิดมากกว่าเนื้อหาหรือรูปแบบ

4) การประยุกต์ใช้ (application) คือ กระบวนการที่นำกฎมาใช้ในสถานการณ์เฉพาะและอธิบายโดยการกล่าวอ้าง (claim) ที่ได้รับข้อมูลจากข้อเสนอสมมติฐานและความสัมพันธ์ที่อธิบายโดยกฎ เช่น กล่องนี้หนักดังนั้นกล่องนี้จะจม

5) หลักฐาน (evidence) ประกอบด้วยคำกล่าวที่บรรยายการสังเกตความสัมพันธ์ เช่น กล่องหนักจะจมและกล่องที่เบาจะลอย เป็นการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของกล่องและลักษณะการจม ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์บางครั้งเรียกหลักฐานว่าผลลัพธ์ ซึ่งแตกต่างจากการสังเกตและหลักการที่มีการกำหนดวัตถุประสงค์ไว้ เนื่องจากหลักฐานมีบริบทที่เฉพาะเจาะจง กระบวนการในการตีความหลักฐานเพื่อสร้างกฎนั้นจึงเป็นสิ่งสำคัญที่สุด



ภาพที่ 2 การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์โดยอาศัยหลักฐาน ดัดแปลงจาก Brown et al. (2010)

ลฎาภา สุทธกุล และ ลือชา ลดาชาติ (2556) ศึกษาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยใช้องค์ประกอบที่สำคัญที่สุดของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ได้แก่ 1) ข้อสรุป 2) หลักฐาน 3) การชี้แจงความสัมพันธ์ระหว่างข้อสรุปและหลักฐาน ซึ่งผลการศึกษาพบว่านักเรียนประถมศึกษาส่วนใหญ่ลงข้อสรุปไม่ถูกต้องและ/หรือให้เหตุผลที่มีองค์ประกอบไม่ครบถ้วน ซึ่งไม่ใช้หลักฐานในการลงข้อสรุปและการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยที่นักเรียนบางส่วนที่ลงข้อสรุปและให้เหตุผลโดยใช้หลักฐาน แต่ไม่เชื่อมโยงความสัมพันธ์ของหลักฐานกับข้อสรุป จากข้อค้นพบนี้จึงเสนอว่าการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ควรจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560a) ได้ดำเนินโครงการประเมินผลความฉลาดรู้ของนักเรียนร่วมกับนานาชาติในปี 2015 ให้ความสำคัญกับความฉลาดรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์เป็นหลัก โดยมีค่าน้ำหนักการประเมินถึงร้อยละ 60 ซึ่งประกอบด้วย 3 สมรรถนะ คือ 1) การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ 2) การแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ และ 3) การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบและพฤติกรรมบ่งชี้พบว่าการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มีความสอดคล้องกับ 2 สมรรถนะ ดังนี้

1) การอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์

นักเรียนต้องแปลความหมายเพื่อสร้างคำอธิบายต่อปรากฏการณ์ต่าง ๆ รวมถึงการวาดแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน ตลอดจนบรรยายตีความปรากฏการณ์ การคาดการณ์หรือการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น รวมถึงการระบุว่าคำบรรยาย หรืออธิบายใดสมเหตุสมผลหรือไม่ อย่างไร คำคาดการณ์จะเป็นไปได้หรือไม่ ด้วยเหตุผลอะไร เป็นต้น

ซึ่งนักเรียนต้องมีพฤติกรรมบ่งชี้ ดังนี้

1) นำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผล

2) ระบุ ใช้ และสร้างแบบจำลองและการนำเสนอข้อมูลเพื่อใช้ในการอธิบาย

3) เสนอสมมติฐานเพื่อใช้ในการอธิบาย

4) พยากรณ์การเปลี่ยนแปลงในเชิงวิทยาศาสตร์และให้เหตุผลที่สมเหตุสมผล

5) อธิบายถึงศักยภาพของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถนำไปใช้เพื่อสังคม

2) การแปลความหมายข้อมูลและใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์

นักเรียนต้องแสดงออกถึงความสามารถในการตีความข้อมูลและหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการสร้างข้อกล่าวอ้างหรือลงข้อสรุป นำเสนอข้อมูลที่ได้รับในรูปแบบอื่น เช่น ใช้คำพูดของตนเอง แผนภาพ หรือการแสดงแทนอื่น ๆ ได้ และสร้างข้อสรุปที่สมเหตุสมผลบนพื้นฐานของประจักษ์พยาน ข้อมูล หรือประเมินข้อสรุปที่ผู้อื่นสร้างขึ้นว่าสอดคล้องกับประจักษ์พยานหรือไม่ รวมถึงสามารถใช้เหตุผลสนับสนุนหรือโต้แย้งข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล ซึ่งสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนวัย 15 ปี ควรทำได้ หมายถึง การที่บุคคลมีความสามารถในการวิเคราะห์และประเมินข้อมูล คำกล่าวอ้าง ข้อโต้แย้ง และลงข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม ซึ่งนักเรียนต้องพฤติกรรมบ่งชี้ ดังนี้

1) แปลงข้อมูลที่นำเสนอในรูปแบบหนึ่งไปสู่รูปแบบอื่น

2) วิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์และลงข้อสรุป

3) ระบุข้อสันนิษฐาน ประจักษ์พยาน และเหตุผล ในเรื่องที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์

4) แยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับที่มาจากการพิจารณาจากสิ่งอื่น

5) ประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานจากแหล่งที่มาที่หลากหลาย (เช่น หนังสือพิมพ์ อินเทอร์เน็ต และวารสาร)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560b) ได้ดำเนินโครงการศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ระดับนานาชาติ พ.ศ. 2558 (Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS) 2015) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 4 และมัธยมศึกษาปีที่ 2 ทั้งด้านเนื้อหาวิชา (Content Domain) และด้านพฤติกรรมการเรียนรู้ (Cognitive Domain) ซึ่งในวิชาวิทยาศาสตร์แบ่งพฤติกรรมการเรียนรู้ออกเป็น 3 ด้าน คือ ด้านความรู้ ด้านการประยุกต์ใช้ความรู้ และด้านการให้เหตุผล

แนวทางการวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์นั้นทำโดยวัดจากการให้เหตุผลของนักเรียนจากการวิเคราะห์สถานการณ์ต่าง ๆ ที่มากกว่าความรู้ที่นักเรียนมีหรือสถานการณ์ใหม่ ๆ ที่ไม่เคยชินในบริบทที่ซับซ้อน และปัญหาที่มีขั้นตอนซับซ้อนกว่าที่เคยพบโดยทั่วไป ซึ่งสามารถจำแนกตามพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านการให้เหตุผล ได้ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1) วิเคราะห์ (Analyze) คือ การพิจารณาเกี่ยวกับการระบุปัญหา และการใช้ข้อมูล รูปแบบข้อมูล แนวคิด ความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้อง วิเคราะห์ปัญหาเพื่อกำหนดความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องในการตอบคำถามและแก้ปัญหา

2) สังเคราะห์ (Synthesize) คือ การพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผล เพื่อใช้ในการตอบคำถามหรือแนวคิดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

3) ตั้งคำถาม/ตั้งสมมติฐาน/พยากรณ์ (Formulate Questions/Hypothesize/Predict) คือ การตั้งคำถามที่สามารถค้นหาคำตอบได้จากการสำรวจตรวจสอบและพยากรณ์ผลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐานที่สามารถตรวจสอบได้โดยมีพื้นฐานมาจากความเข้าใจในแนวคิดและความรู้จากประสบการณ์ การสังเกต และ/หรือการวิเคราะห์ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งใช้หลักฐานและความเข้าใจในแนวคิดเพื่อทำนายเกี่ยวกับผลที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพหรือสภาวะทางกายภาพ

4) ออกแบบการสำรวจตรวจสอบ (Design Investigations) คือ การวางแผนการสำรวจตรวจสอบหรือวิธีการที่เหมาะสมเพื่อตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์หรือตรวจสอบสมมติฐาน อธิบายลักษณะหรือเข้าใจได้ถึงลักษณะของการสำรวจตรวจสอบที่ดี ในด้านตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม ตลอดจนความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลที่เกิดขึ้น

5) ประเมิน (Evaluate) คือ การประเมินความเป็นไปได้ของคำอธิบายต่าง ๆ ประเมินความได้เปรียบ เสียเปรียบเพื่อตัดสินใจเกี่ยวกับกระบวนการและวัสดุต่าง ๆ ที่เป็นไปได้ ประเมินผลการสำรวจตรวจสอบจากข้อมูลที่มากพอเพื่อสนับสนุนข้อสรุป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6) สรุป (Draw Conclusions) คือการลงข้อสรุปที่เที่ยงตรงจากการสังเกต หลักฐาน และ/หรือความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ลงข้อสรุปเพื่อตอบคำถามหรือพิสูจน์สมมติฐานและแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจเกี่ยวกับสาเหตุและผลที่เกิดขึ้น

Opitz et al. (2017) ศึกษาการสร้างแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จากงานวิจัยคัดสรรของฐานข้อมูลวิจัยทางการศึกษา เช่น ERIC, PsycINFO และ PSYNDEX ซึ่งผลการศึกษาพบว่าองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่มักใช้ในการวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 8 องค์ประกอบ ดังนี้ 1) การระบุปัญหา (problem identification) 2) การตั้งคำถาม (questioning) 3) การสร้างสมมติฐาน (hypothesis generation) 4) การสร้างหลักฐาน (evidence generation) 5) การประเมินหลักฐาน (evidence evaluation) 6) การลงข้อสรุป (drawing

conclusions) 7) การสื่อสารและกลั่นกรอง (communicating and scrutinizing) และ 8) ทักษะอื่น ๆ (other skill) เมื่อวิเคราะห์เฉพาะองค์ประกอบที่ใช้ในการสร้างแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาพบว่ามีเพียง 4 องค์ประกอบสำคัญ คือ 1) การสร้างสมมติฐาน (hypothesis generation) คือ การสร้างคำตอบที่เป็นไปได้สำหรับตอบคำถามโดยใช้แบบจำลอง (models), กรอบแนวคิด (frameworks) หรือหลักฐาน (evidence) เป็นฐานในการคิด, 2) การสร้างหลักฐาน (evidence generation) คือ การสร้างหลักฐานจากหนึ่งในหลายวิธีต่อไปนี้ การควบคุมการทดลอง (controlled experiments), การศึกษาเชิงสังเกต (observational studies) และการให้เหตุผลแบบนิรนัยตามทฤษฎี (deductive reasoning based on a theory) 3) การประเมินหลักฐาน (evidence evaluation) คือ การวิเคราะห์หลักฐานในรูปแบบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับข้อกล่าวอ้าง (claim) หรือทฤษฎี (theory), และ 4) การลงข้อสรุป (drawing conclusions) คือการสรุปโดยชั่งน้ำหนักความเกี่ยวข้องของหลักฐานที่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถนำไปสู่การแก้ไขข้อกล่าวอ้าง (claim) ในช่วงต้นได้

Yanto et al. (2019) ระบุองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สำหรับนักศึกษาในวิชาชีววิทยาไว้ 3 แง่มุม โดยสร้างเป็นเครื่องมือได้ 9 ข้อบ่งชี้ ที่เป็นองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 องค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของ Yanto et al. (2019)

แง่มุม (Aspect)	คำอธิบาย (Description)	ข้อบ่งชี้ (Indicator)
1) การวิเคราะห์ (Analyzes)	การคิดแยกส่วนที่ทำให้ได้ข้อมูลง่ายขึ้น	a. แยกส่วนของวัตถุที่เป็นข้อเท็จจริง b. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปร c. อธิบายความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของปรากฏการณ์
2) การประเมินผล (Evaluation)	การพิจารณาเงื่อนไข, คุณค่า, การโต้แย้งที่ได้จากข้อเท็จจริง หลักการ หรือแนวทางปฏิบัติ	a. การทบทวนข้อเท็จจริงอย่างมีวิจารณญาณ b. การประเมินความถูกต้องของกระบวนการที่ได้จากการรวบรวมข้อมูล
3) ความคิดสร้างสรรค์ (Creativity)	การคิดอย่างมีเหตุผลโดยการพัฒนาสิ่งใหม่ซึ่งเป็นความคิดที่ผ่านการจินตนาการ	a. การกำหนดข้อสรุป b. การกำหนดสมมติฐาน c. การออกแบบขั้นตอนทางวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ระบุโดยนักการศึกษาและโครงการประเมินระดับนานาชาติ ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์หาลักษณะร่วมของพฤติกรรมบ่งชี้และสังเคราะห์องค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้เป็น 4 องค์ประกอบ คือ 1) การพิจารณาและใช้หลักฐาน 2) การพยากรณ์ 3) การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานเพื่อนำไปสู่การสร้างข้อสรุปและ 4) การสร้างข้อสรุป แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 สรุปองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

องค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์	Lawson (1978)	Mayer (2007)	Brown et al. (2010)	ลฎาภา สุทธกุล และลือชา ลดาชาติ (2556)	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560a)	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560b)	Opitz et al. (2017)	Yanto et al. (2019)
1. การพิจารณาและใช้หลักฐาน								
รวบรวมข้อมูลจากการสังเกตเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓
พิจารณาหลักฐานที่พบจากเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์	✓		✓	✓	✓	✓	✓	
แยกส่วนของหลักฐานที่เป็นข้อเท็จจริงโดยใช้หลักการ ทฤษฎี กฎ ทางวิทยาศาสตร์			✓		✓		✓	✓
ประเมินผลการสำรวจตรวจสอบจากข้อมูลที่มากพอเพื่อสนับสนุนข้อสรุป	✓		✓		✓	✓		✓
2. การพยากรณ์								
ระบุการคาดคะเนหรือพยากรณ์ผลที่จะเกิดจาก	✓		✓		✓	✓		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

องค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์	Lawson (1978)	Mayer (2007)	Brown et al. (2010)	ลฎาภา สุทธกุล และลือชา ลดาชาติ (2556)	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560a)	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560b)	Opitz et al. (2017)	Yanto et al. (2019)
การสังเกตเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์								
ระบุความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลที่เกิดขึ้นโดยใช้หลักฐานเป็นฐานในการคิด	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓
พยากรณ์การเปลี่ยนแปลงในเชิงวิทยาศาสตร์และให้เหตุผลที่สมเหตุสมผล	✓		✓		✓	✓		
ระบุข้อสันนิษฐาน ประจักษ์พยาน และเหตุผล ในเรื่องที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์			✓		✓			
3. การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานเพื่อนำไปสู่การสร้างข้อสรุป								
นำความรู้ที่เกี่ยวข้องกับหลักการ ทฤษฎี กฎ ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผล			✓	✓	✓	✓		
อธิบายเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างเพื่อนำไปสู่ข้อสรุป			✓	✓	✓	✓		✓
ระบุ ใช้ และสร้างแบบจำลอง และนำเสนอข้อมูลเพื่อใช้ในการอธิบาย				✓	✓			
ระบุว่าคำอธิบายใดสมเหตุสมผลหรือไม่อย่างไร					✓	✓		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

องค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์	Lawson (1978)	Mayer (2007)	Brown et al. (2010)	ลฎาภา สุทธกุล และลือชา ลดาชาติ (2556)	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560a)	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560b)	Opitz et al. (2017)	Yanto et al. (2019)
4. การสร้างข้อสรุป								
ลงข้อสรุปโดยใช้หลักฐานอย่างสมเหตุสมผล	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓
ลงข้อสรุปที่เที่ยงตรงจากการสังเกต หลักฐาน และ/หรือความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์	✓			✓	✓	✓		
ลงข้อสรุปเพื่อตอบคำถามหรือพิสูจน์สมมติฐาน และแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจเกี่ยวกับสาเหตุและผลที่เกิดขึ้น	✓		✓		✓	✓	✓	
ลงข้อสรุปที่ได้จากการวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ รวมกับหลักการ ทฤษฎี กฎ ทางวิทยาศาสตร์	✓				✓			

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ สามารถสรุปได้ ดังนี้

1. การพิจารณาและใช้หลักฐาน คือ การรวบรวมข้อมูล พิจารณา วิเคราะห์และประเมินหลักฐานโดยใช้หลักการ ทฤษฎี กฎ ทางวิทยาศาสตร์ และใช้หลักฐานในการอ้างอิงสู่ข้อสรุป

2. การพยากรณ์ คือ การระบุการคาดคะเน การพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงในเชิงวิทยาศาสตร์ หรือความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลจากสถานการณ์โดยใช้หลักฐานในการคิดและให้เหตุผลที่สมเหตุสมผล

3. การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานเพื่อนำไปสู่การสร้างข้อสรุป คือ การอธิบายและระบุการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐาน โดยใช้หลักการ ทฤษฎี กฎ ทางวิทยาศาสตร์

4. การสร้างข้อสรุป คือ การระบุข้อสรุปที่เที่ยงตรงจากการพิจารณาหลักฐานอย่างสมเหตุสมผล โดยใช้หลักการ ทฤษฎี กฎ ทางวิทยาศาสตร์

2.4 ความสำคัญของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

Khun and Franklin (2008) กล่าวว่าการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นการประยุกต์ใช้วิธีการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์กับสถานการณ์ที่มีการให้เหตุผลซึ่งนำไปสู่การเข้าใจขั้นสูงในทางวิทยาศาสตร์ โดยเริ่มต้นด้วยการให้เหตุผลแบบนิรนัย ซึ่งเป็นรูปแบบแรกของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และยังเป็นต้นกำเนิดของการให้เหตุผลเชิงประพจน์ (propositional reasoning) ในทางคณิตศาสตร์อีกด้วย

Coletta et al. (2007) กล่าวว่ามีครูจำนวนมากที่จัดสอบวัดแนวคิดเพื่อประเมินนักเรียนและนำผลที่ได้ไปปรับปรุงการเรียนการสอนของตนเอง และสันนิษฐานกันว่าการดูผลที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนนั้นสามารถนำไปเปรียบเทียบหลักสูตรที่ตนใช้กับหลักสูตรอื่นได้ แต่ในความเป็นจริงนั้นการดูผลที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนเพียงอย่างเดียวไม่สามารถบอกภาพรวมได้ทั้งหมดได้ แต่ควรประเมินความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนที่จะนำผลของการจัดการเรียนรู้ในหลักสูตรที่ตนใช้ไปเทียบกับหลักสูตรอื่นซึ่งจะช่วยให้ได้ข้อมูลในภาพรวมที่ชัดเจนกว่า นอกจากนี้การประเมินความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ยังเป็นประโยชน์ในการระบุว่านักเรียนคนใดมีโอกาสที่จะเกิดความเข้าใจคลาดเคลื่อนในแนวคิดนั้นบ้าง

Moore and Rubbo (2012) กล่าวว่าการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญในกระบวนการแก้ปัญหา ถ้านักเรียนมีการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ดีจะทำให้มีทักษะการแก้ปัญหาสูงขึ้น และส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนดีขึ้นอีกด้วย

Stammen et al. (2018) กล่าวว่าความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ช่วยส่งเสริมเละพัฒนาความรู้และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้ โดยนักเรียนที่มีการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ดีจะมีความรู้และแนวคิดเพิ่มขึ้น และช่วยในการทำความเข้าใจปรากฏการณ์ เหตุการณ์และกระบวนการ ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง นอกจากนี้การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ยังเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการฝึกปฏิบัติของวิทยาศาสตร์ในหลายประเทศและเป็นทักษะที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพในทุกวิชา

Yanto et al. (2019) กล่าวว่าความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของทักษะการคิดขั้นสูงซึ่งอยู่ในระดับสูงสุดของความสามารถในการคิดในการจัดจำแนกทักษะทางปัญญาของบลูม ที่ประกอบด้วยการวิเคราะห์ การประเมินค่า และทักษะความคิดสร้างสรรค์

กล่าวโดยสรุปได้ว่าการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นการประยุกต์ใช้วิธีการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ในสถานการณ์ต่าง ๆ ทำให้นักเรียนมีการให้เหตุผลแบบนิรนัย ซึ่งนำไปสู่การเพิ่มขึ้นของความรู้และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เกิดทักษะการคิดขั้นสูง และมีทักษะการแก้ปัญหาที่สูงขึ้น ซึ่งเป็นทักษะที่จำเป็นสำหรับการมีส่วนร่วมและการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพของความรู้และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ อีกทั้งยังเป็นทักษะสำคัญของการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพในทุกวิชาและทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีขึ้น นอกจากนี้การประเมินความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ยังเป็นประโยชน์ในการระบุได้ว่านักเรียนคนใดมีโอกาสที่จะเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในแนวคิดนั้นบ้างและยังเป็นข้อมูลในการปรับปรุงการสอนและพัฒนาหลักสูตรอีกด้วย

2.5 แนวทางการวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

การวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์นั้นสามารถวัดได้โดยใช้แบบวัดที่หลากหลาย ทั้งแบบปรนัยและอัตนัย ซึ่งการเลือกใช้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการวิจัยและบริบทของตัวอย่าง นักการศึกษาวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้วยแบบวัด ดังนี้

Lawson (1978) สร้างเครื่องมือวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ที่มีโครงสร้างแบบทดสอบจำนวน 15 รายการ ประกอบด้วย 6 ด้าน คือ 1) การอนุรักษ์ปริมาตรและสสาร 2) การให้เหตุผลเชิงสัดส่วน 3) การควบคุมตัวแปร 4) การให้เหตุผลโดยใช้ความน่าจะเป็น 5) การให้เหตุผลเชิงสัมพันธ์ และ 6) การให้เหตุผลเชิงสมมติฐานนิรนัย ซึ่งแต่ละรายการเกี่ยวข้องกับการสาธิตโดยใช้ลักษณะทางกายภาพของวัสดุและ/หรืออุปกรณ์เครื่องใช้ โดยการสาธิตถูกใช้เพื่อตั้งคำถามให้มีการพยากรณ์ ซึ่งนักเรียนจะได้รับคำถามและคำตอบที่เป็นไปได้จำนวนหนึ่งและให้เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด จากนั้นทำเครื่องหมายในช่องคำตอบที่อยู่หลังคำตอบที่เลือกและอธิบายว่าเพราะเหตุใดจึงเลือกคำตอบข้อนี้ โดยการเขียนตอบลงในสมุดทดสอบรายบุคคล ซึ่งนักเรียนจะได้คะแนนก็ต่อเมื่อมีการทำเครื่องหมายในช่องถูกต้องและอธิบายอย่างเพียงพอสำหรับการเลือกตอบข้อนั้น ตัวอย่างคำอธิบายของรายการในแบบทดสอบเป็นดังนี้

รายการที่ 1 การอนุรักษ์น้ำหนัก : รายการนี้เกี่ยวข้องกับดินเหนียว 2 ลูก ที่มีขนาด รูปร่าง และน้ำหนักเหมือนกัน และแสดงให้เห็นว่าลูกบอลดินเหนียวมีน้ำหนักเท่ากันโดยการวางไว้ที่ปลายทั้งสองด้านของคานสมดุล โดยลูกบอลชิ้นหนึ่งเป็นรูปร่างแพนเค้ก และนักเรียนจะถูกถามเกี่ยวกับน้ำหนักสัมพัทธ์ของลูกบอล

รายการที่ 2 ปริมาณที่เคลื่อนที่ : รายการนี้เกี่ยวข้องกับการใช้โลหะทรงกระบอกที่มีขนาดเท่ากันแต่มีความหนาแน่นต่างกันมาแทนที่น้ำ โดยนักเรียนจะเห็นการแทนที่น้ำด้วยทรงกระบอกน้ำหนักเบา และให้ทำนายระดับน้ำที่ถูกแทนที่ด้วยทรงกระบอกที่หนักกว่า

Lawson (2000) ได้มีการปรับปรุงแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 15 รายการของ Lawson (1978) มาเป็นข้อสอบแบบเลือกตอบหลายตัวเลือก จำนวน 24 ข้อ โดยยังคงยึดแนวทางของข้อสอบต้นฉบับ ดังตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

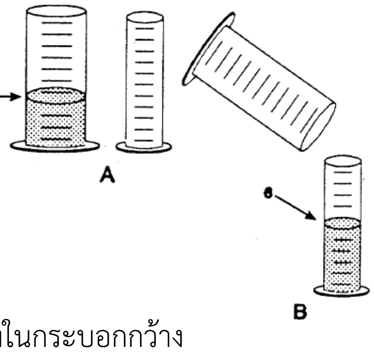
ด้านขวาเป็นภาพวาดของกระบอกตวงที่กว้างและแคบ กระบอกตวงมีขีดวัดปริมาตรที่เว้นระยะเท่ากัน เทน้ำลงในกระบอกตวงที่กว้างให้ระดับน้ำสูงขึ้นถึงขีดที่ 4 (ดูภาพ A) เมื่อเทน้ำลงในกระบอกตวงที่แคบ น้ำสูงขึ้นถึงระดับ 6 (ดูภาพ B)

ถ้าเทน้ำใส่ลงในกระบอกตวงที่กว้างจนน้ำสูงขึ้นถึงขีดที่ 6 จากนั้นนำไปเทลงในกระบอกตวงที่แคบ ระดับน้ำจะสูงขึ้นถึงขีดใด

a) ขีดที่ 8 b) ขีดที่ 9

c) ขีดที่ 10 d) ขีดที่ 12

e) คำตอบในตัวเลือกที่ให้มาไม่ถูกต้อง



เพราะ

a) ไม่สามารถระบุคำตอบที่แน่นอนได้จากข้อมูลที่ให้มา

b) ก่อนหน้านี้น้ำเพิ่มขึ้น 2 ขีด ดังนั้นก็จะเพิ่มขึ้น 2 ขีดอีกครั้งในกระบอกกว้าง

c) น้ำจะเพิ่มขึ้น 3 ขีด ในกระบอกแคบและเพิ่มขึ้น 2 ขีดในกระบอกกว้าง

d) กระบอกตวงที่สองแคบกว่า

e) ต้องมีการเทน้ำและสังเกตเพื่อหาคำตอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การประเมินความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของ Lawson (2009) เป็นการจำแนกระดับพัฒนาการในการให้เหตุผลอย่างเป็นทางการของนักเรียน จากนั้นวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนสอบกับตารางการณ์จร (contingency table) และสรุปโดยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

Lawson et al. (2007) สร้างแบบประเมินการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบการให้เหตุผลที่สัมพันธ์กับการทดสอบสมมติฐาน เช่น การระบุและควบคุมตัวแปร, การให้เหตุผลเชิงสหสัมพันธ์, การให้เหตุผลเชิงความน่าจะเป็น, การให้เหตุผลเชิงสัดส่วนและการให้เหตุผลที่สัมพันธ์กัน โดยแบบทดสอบนี้พัฒนาขึ้นจากแบบทดสอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียน (The Classroom Test of Scientific Reasoning) ของ Lawson (1978) ซึ่งเป็นแบบเลือกตอบ ถ้านักเรียนตอบถูกจะได้ 1 คะแนน โดยคำถามข้อ 1-9 เป็นแบบเลือกตอบแบบรูปธรรม ข้อ 10-18 เป็นแบบเลือกตอบแบบเป็นทางการ ข้อ 19-22 เป็นแบบเลือกตอบแบบหลังทางการ เพื่อวัดผลในด้านต่าง ๆ ได้แก่ 1) การระบุและควบคุมตัวแปร (the identification and control of variables) 2) การให้เหตุผลเชิงสหสัมพันธ์ (correlation reasoning) 3) การให้เหตุผลเชิงสัดส่วน (probabilistic reasoning) 4) การให้เหตุผลเชิงความน่าจะเป็น (proportional reasoning) 5) การให้เหตุผลเชิงสัมพันธ์ (combinatorial reasoning) โดยคำถามทั้ง 22 ข้อ สร้างขึ้นตามระดับพัฒนาการก่อนจะทำการศึกษา

ตัวอย่างคำถามแบบเลือกตอบแบบรูปธรรม (concrete operational self-Efficacy tasks)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สมมติว่าคุณพบกะโหลกศีรษะสัตว์ที่แคบและเพรียวมาก ทำให้คุณคิดว่าสัตว์นั้นอาศัยอยู่ในน้ำ หากสมมติฐานถูกต้อง กระดูกสันหลังของมันควรติดกับส่วนใดของกะโหลกศีรษะ

A. ใต้กะโหลกศีรษะโดยตรง

B. ด้านหลังกะโหลกศีรษะโดยตรง (คำตอบที่ถูกต้อง)

C. ด้านหลังของกะโหลกศีรษะ แต่ชี้ลงด้วยมุมประมาณ 45 องศา

D. ด้านบนของกะโหลกศีรษะ

ตัวอย่างคำถามแบบเลือกตอบแบบเป็นทางการ (formal operational self-efficacy tasks)

ผู้ทดลองต้องการทดสอบการตอบสนองของหนอนนกต่อความแตกต่างของแสงและความชื้น โดยตั้งกล่อง 4 กล่อง ติดหลอดไฟให้แสงสว่างและกระดาษที่ใส่น้ำเพื่อความชุ่มชื้นไว้ในกล่อง

ตรงกลางกล่องวางหนอนนก 20 ตัว ผ่านไป 1 วัน เขานับจำนวนหนอนนก ที่คลานไปจนสุดกล่อง ตัวแปรตามใดต่อไปนี้ถูกทดสอบ

A. ปริมาณแสง (คำตอบที่ถูกต้อง) B. ประเภทของแสง

C. อายุของหนอนนก D. การเคลื่อนที่ของหนอนนก

ตัวอย่างคำถามแบบเลือกตอบแบบหลังทางการ (postformal operational self-efficacy tasks)

ปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นเมื่อ MnO_2 ผสมกับ H_2O_2 จะรู้ได้อย่างไรว่าโมเลกุลใด (MnO_2 และ/หรือ H_2O_2) แตกตัว

A. สังเกตสารตั้งต้นแลผลิตภัณฑ์อย่างใกล้ชิด

B. วัดปริมาณความร้อนของผลิตภัณฑ์

C. เปลี่ยนปริมาณของสารตั้งต้น

D. สังเกตปฏิกิริยาว่าเกิดการระเบิดเป็นประกายไฟหรือไม่ (แสดงการผลิต O_2)

E. เพิ่มสารตั้งต้นใหม่ลงในผลิตภัณฑ์เก่า (คำตอบที่ถูกต้อง)

Lawson (2009) ระบุเกณฑ์ที่ใช้ในการวัดและประเมินความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ออกเป็น 3 ระดับ คือ สูง ปานกลางและต่ำ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

ตารางที่ 5 เกณฑ์การวัดและประเมินระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของ Lawson (2009)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์	เกณฑ์การประเมิน
สูง	- ระบุและให้เหตุผลวิธี การสำรวจตรวจสอบได้ถูกต้อง และครบถ้วน อย่างน้อย 2 วิธี - ระบุการคาดคะเนคำตอบ และให้เหตุผลที่ถูกต้อง และครบถ้วน อย่างน้อย 2 เหตุผล - ระบุหลักฐาน และเหตุผลของการใช้หลักฐานได้ถูกต้องและครบถ้วน อย่างน้อย 2 หลักฐาน - ลงข้อสรุปได้ถูกต้อง และอธิบายโดยใช้หลักฐานที่ถูกต้อง
ปานกลาง	- ระบุและให้เหตุผลวิธี การสำรวจตรวจสอบได้ถูกต้อง แต่ไม่ครบ ถ้วน เพียง 1 วิธี - ระบุการคาดคะเนคำตอบ และให้เหตุผลที่ถูกต้อง และครบถ้วน อย่างน้อย 1 เหตุผล - ระบุหลักฐาน และเหตุผลของการใช้หลักฐานได้ถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน เพียง 1

ระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์	เกณฑ์การประเมิน
	หลักฐาน - ลงข้อสรุปไม่ถูกต้อง แต่อธิบายโดยใช้หลักฐานที่ถูกต้อง
ต่ำ	- ระบุและให้เหตุผลวิธีการสำรวจตรวจสอบไม่ถูกต้อง - ระบุการคาดคะเนคำตอบ แต่ให้เหตุผลไม่ถูกต้อง - ระบุหลักฐาน และเหตุผลของการใช้หลักฐานไม่ถูกต้อง - ลงข้อสรุปโดยไม่อ้างถึงหลักฐานที่ถูกต้อง

Yanto et al. (2019) ได้พัฒนาเครื่องมือวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในวิชาชีววิทยา โดยใช้องค์ประกอบสำคัญของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 3 องค์ประกอบ คือ 1) การวิเคราะห์ 2) การประเมินค่าและ 3) ความคิดสร้างสรรค์ และสร้างแบบสอบทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ประเภทอัตนัยจำนวน 13 ข้อ มีเกณฑ์การให้คะแนนเป็น 3 ระดับ คือ 0, 1 และ 2 นักเรียนจะได้คะแนนในระดับใด ให้พิจารณาจากคำอธิบายต่อไปนี้

2 คะแนน คือ คำตอบสมบูรณ์และถูกต้องด้วยความชัดเจนของการโต้แย้ง

1 คะแนน คือ คำตอบสมบูรณ์เพียงบางส่วน และมีความเกี่ยวข้องน้อยกว่า

0 คะแนน คือ คำตอบไม่ได้กล่าวถึงอย่างสมบูรณ์และเป็นจริงด้วยความชัดเจนของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560b) ประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 4 และมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผ่านโครงการ TIMMS พ.ศ. 2558 โดยมีการประเมินใน 2 ด้านคือเนื้อหาวิชาและพฤติกรรมการเรียนรู้ ซึ่งในการประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านการให้เหตุผลในวิชาวิทยาศาสตร์นั้น ทำโดยใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบทดสอบและแบบสอบถามที่ผ่านการพิจารณาและปรับแก้ร่วมกันระหว่างผู้ประสานงานวิจัยของทุกประเทศที่เข้าร่วมประเมินและผู้เชี่ยวชาญที่ทำงานร่วมกับ IEA รายละเอียดของแบบทดสอบและแบบสอบถามเป็นดังนี้

1) แบบทดสอบวิทยาศาสตร์ เป็นแบบเลือกตอบ ร้อยละ 56 และ แบบเขียนตอบ ร้อยละ 44 ประมาณ 30 ข้อ ใช้เวลาในการสอบ 90 นาที

2) แบบสอบถาม ประกอบด้วย แบบสอบถามนักเรียน แบบสอบถามครูคณิตศาสตร์ แบบสอบถามครูวิทยาศาสตร์ และแบบสอบถามผู้บริหารโรงเรียน

ตัวอย่างแบบทดสอบ TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556) ซึ่งแบ่งเป็น 3 ประเภท คือ แบบเลือกตอบหลายตัวเลือก แบบเลือกตอบและอธิบายเหตุผลประกอบ และแบบเขียนตอบ ดังนี้

ข้อสอบแบบเลือกตอบ

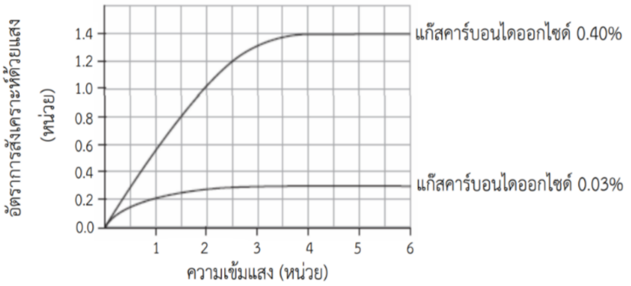
ในทะเลสาบใกล้ฟาร์มแห่งหนึ่ง มีการเจริญเติบโตของสาหร่ายเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว การเพิ่มขึ้นนี้น่าจะเกิดจากสาเหตุใดต่อไปนี้มากที่สุด

1. การลดลงของอุณหภูมิในอากาศ
2. การลดลงของระดับน้ำ
3. การไหลของปุ๋ยออกจากฟาร์ม
4. การปล่อยไอเสียจากเครื่องจักรในฟาร์ม

ข้อสอบแบบเลือกตอบและอธิบายเหตุผลประกอบ

แอนเดรียกำลังทดสอบผลของความเข้มแสงและความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงโดยใช้พืชเหมือนกัน 2 ต้น วางไว้ในภาชนะปิดใบละต้น ภาชนะใบที่ 1 มีความเข้มข้นเริ่มต้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 0.40% และภาชนะใบที่ 2 มีความเข้มข้นเริ่มต้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 0.03% เขาวัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง ที่ระดับความเข้มแสงต่างกัน ผลการทดสอบแสดงดังกราฟต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



จากกราฟความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นมีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงหรือไม่ (เลือกเพียง 1 คำตอบ)

☐ ใช่ ☐ ไม่ใช่

จงให้เหตุผลประกอบคำตอบ

....

....

ข้อสอบแบบเขียนตอบ

เคย์ราและเอมเรกำลังศึกษาเรื่องพืช พวกเขาเรียนรู้ว่าลักษณะเฉพาะ เช่น ความสูงของพืชและสีของผลไม้ถ่ายทอดทางพันธุกรรมได้ พวกเขาเห็นพริกหวานสีเขียวและพริกหวานสีแดง ดังภาพ

พริกหวานสีเขียว

พริกหวานสีแดง

เคย์ราคิดว่าเป็นพริกหวานต่างชนิดกันเพราะมีสีแตกต่างกัน แต่เอมเรคิดว่าเป็นพริกหวานชนิดเดียวกัน โดยพริกหวานมีสีแดงเพราะถูกทิ้งไว้บนต้นเป็นเวลานานจนสุกงอม จงอธิบายว่าจะวางแผนการตรวจสอบอย่างไรเพื่อพิสูจน์ว่าความคิดของเคย์ราหรือเอมเรถูกต้อง

....

....

จากแนวทางการวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่นักการศึกษาระบุ สามารถจำแนกแบบวัดที่ใช้เป็นเครื่องมือในการวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้เป็น 3 ประเภท คือ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1) แบบเลือกตอบหลายตัวเลือก เมื่อนักเรียนตอบถูกจะได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน

2) แบบเลือกตอบและอธิบายเหตุผลสนับสนุนในการเลือก นักเรียนจะได้คะแนนก็ต่อเมื่อเลือกและอธิบายเหตุผลในการเลือกตอบได้ถูกต้อง

3) แบบเขียนตอบ ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนน เป็น 3 ระดับ คือ 0 1 และ 2 นักเรียนจะได้คะแนนในระดับใด ให้พิจารณาจากคำอธิบายต่อไปนี้

2 คะแนน คือ คำตอบสมบูรณ์และถูกต้องด้วยความชัดเจนของการโต้แย้ง

1 คะแนน คือ คำตอบสมบูรณ์เพียงบางส่วน และมีความเกี่ยวข้องน้อยกว่า

0 คะแนน คือ คำตอบไม่ได้กล่าวถึงอย่างสมบูรณ์และเป็นจริงด้วยความชัดเจนของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์

การประเมินความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทำได้ดังนี้

1) จำแนกระดับพัฒนาการในการให้เหตุผลอย่างเป็นทางการของนักเรียน จากนั้นวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนสอบกับตารางการณ์จร (contingency table) และสรุปโดยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

2) ประเมินโดยให้เกณฑ์คะแนนรูบิคที่สร้างขึ้นจากเกณฑ์ของ Lawson (2009) ซึ่งแบ่งระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็น 3 ระดับ คือ สูง กลาง ต่ำ โดยผู้วิจัยนำมาสร้างเป็นเกณฑ์ในการประเมินผลความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนตามองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในงานวิจัยนี้ แสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 เกณฑ์การประเมินระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์	องค์ประกอบของการให้เหตผลเชิงวิทยาศาสตร์			
	การพิจารณาและใช้หลักฐาน	การพยากรณ์	การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานเพื่อนำไปสู่ข้อสรุป	การสร้างข้อสรุป
สูง	ระบุหลักฐาน และเหตุผลของการใช้หลักฐานได้ถูกต้องและครบถ้วน อย่างน้อย 2 หลักฐาน	ระบุการคาดคะเนคำตอบ และให้เหตุผลที่ถูกต้องและครบถ้วน อย่างน้อย 2 เหตุผล	ระบุและให้เหตุผลวิธีการสำรวจตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานได้ถูกต้อง และครบถ้วน อย่างน้อย 2 วิธี	ลงข้อสรุปได้ถูกต้องและอธิบายโดยใช้หลักฐานที่ถูกต้อง
กลาง	ระบุหลักฐาน และเหตุผลของการใช้หลักฐานได้ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน เพียง 1 หลักฐาน	ระบุการคาดคะเนคำตอบ และให้เหตุผลที่ถูกต้องและครบถ้วน อย่างน้อย 1 เหตุผล	ระบุและให้เหตุผลวิธีการสำรวจตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานได้ถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน เพียง 1 วิธี	ลงข้อสรุปไม่ถูกต้องแต่อธิบายโดยใช้หลักฐานที่ถูกต้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์	องค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์			
	การพิจารณาและใช้หลักฐาน	การพยากรณ์	การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานเพื่อนำไปสู่ข้อสรุป	การสร้างข้อสรุป
ต่ำ	ระบุหลักฐาน และเหตุผลของการใช้หลักฐานไม่ถูกต้อง	ระบุการคาดคะเนคำตอบ แต่ให้เหตุผลไม่ถูกต้อง	ระบุและให้เหตุผลวิธีการสำรวจตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานไม่ถูกต้อง	ลงข้อสรุปโดยไม่อ้างถึงหลักฐานที่ถูกต้อง

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

จุฬาลักษณ์ ยิ้มดี (2556) ศึกษาผลของการสอนโดยใช้ขั้นการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้นที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลคือ แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ ใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบค่าทีในการวิเคราะห์ข้อมูล ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการสอนโดยใช้ขั้นการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้นมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนแบบทั่วไป 2) นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการสอนโดยใช้ขั้นการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้นมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์สูงเกณฑ์ที่กำหนดและสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนแบบทั่วไป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ณรงค์ชัย พงษ์ธะนะ (2559) ศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมินที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ 1) แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ใช้สถิติค่าเฉลี่ยเลขคณิต ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบค่าที ในการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิเคราะห์ข้อมูล ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนกลุ่มที่เรียนรู้ด้วยการสอนแบบโต้แย้งและประเมินมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนกลุ่มที่เรียนรู้ด้วยการสอนแบบโต้แย้งและประเมินมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนแบบทั่วไป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

พิชญา ศิลาม่อม (2561) ศึกษาผลของการใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ 1) แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 2) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐาน และแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติทดสอบค่าที และการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนกลุ่มที่เรียนรู้ด้วยประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐานมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนกลุ่มที่เรียนรู้ด้วยประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐานมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนรู้ที่เรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยเรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย มีวัตถุประสงค์การวิจัยคือ 1) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานและ 2) เพื่อศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังนี้

1. การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. รูปแบบการวิจัย
3. กลุ่มเป้าหมายและตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย
4. การสังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน
5. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
6. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล
7. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการดำเนินงานวิจัย ดังต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จากนักการศึกษาและองค์กรที่ทำหน้าที่ประเมินความฉลาดรู้วิทยาศาสตร์ระดับชาติและนานาชาติทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ โดยเฉพาะส่วนของการวัดและประเมินผลการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อทราบสภาพปัญหา สาเหตุของปัญหา แนวทางการแก้ไขปัญหา และสังเคราะห์นิยามและองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ใช้สำหรับงานวิจัย

1.2 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ เพื่อสังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้และวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างตัวแปรจัดกระทำและตัวแปรตามเพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้

1.3 ศึกษาผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม ของสาระชีววิทยา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) แล้ววิเคราะห์ความสอดคล้องเพื่อกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมในการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1.4 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับหลักการ วิธีการสร้างและตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เกมกระดานและแผนการจัดการเรียนรู้

2. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-experimental research) มีรูปแบบการวิจัยแบบหนึ่งกลุ่มวัดสองครั้ง (One group pretest-posttest design) ใช้ตัวอย่าง 1 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองเป็นกลุ่มนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน โดยเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนและหลังเรียนของนักเรียน ดังภาพ

การวิจัยกึ่งทดลอง รูปแบบ One group pretest-posttest design

กลุ่มทดลอง O_1 --------- X --------- O_2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เมื่อ O_1 หมายถึง การเก็บข้อมูลความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนการทดลอง

O_2 หมายถึง การเก็บข้อมูลความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังการทดลอง

X หมายถึง การจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน

3. กลุ่มเป้าหมายและตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่เรียนวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม ในโรงเรียนมัธยมศึกษา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสิงห์บุรี อ่างทอง สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

ตัวอย่าง

ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ที่เรียนรายวิชาชีววิทยา2 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 40 คน ในโรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่งในสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสิงห์บุรี อ่างทอง ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) โดยดำเนินการตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

3.1 การเลือกโรงเรียน

ผู้วิจัยกำหนดโรงเรียนโดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง ได้โรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดอ่างทอง โดยใช้เกณฑ์ในการพิจารณาคัดเลือกโรงเรียน ดังนี้

3.1.1 เป็นโรงเรียนในสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสิงห์บุรี อ่างทอง สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ และมีการจัดการเรียนการสอนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)

3.1.2 เป็นโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาที่เปิดสอนตั้งแต่ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1-6 ซึ่งมีความพร้อมในด้านจำนวนนักเรียนที่เพียงพอต่อการวิจัย

3.1.3 เป็นโรงเรียนที่มีห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ เครื่องมือและอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่พร้อมสำหรับการจัดการเรียนรู้ ทั้งยังมีแหล่งการเรียนรู้ที่หลากหลายและเอื้อต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เช่น ศูนย์คอมพิวเตอร์และสัญญาณอินเตอร์เน็ตความเร็วสูงรอบบริเวณโรงเรียน และเป็นโรงเรียนที่ส่งเสริม สนับสนุนในการทำวิจัยเป็นอย่างดี

CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.2 การเลือกตัวอย่าง

เนื่องจากโรงเรียนมีห้องเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ที่จัดแบบคละความสามารถของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 6 ห้อง จึงทำการเลือกให้ได้นักเรียนจำนวน 1 ห้อง

3.2.1 การเลือกระดับชั้นเรียน

ผู้วิจัยกำหนดชั้นเรียนที่ทำการทดลอง โดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง ได้ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยเหตุผล ดังนี้

3.2.1.1 เป็นระดับชั้นที่นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับต่ำจากผลการเปรียบเทียบคะแนนสอบ PISA กับเกณฑ์ที่กำหนด (Mostafa, 2018) อีกทั้งยังพบว่า

นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ส่วนใหญ่ให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ (นลีนี สอนชา, 2561)

3.2.1.2 เนื้อหา ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม ของสาระชีววิทยาในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีความสอดคล้องกับสถานการณ์ทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์ เช่น สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ อีกทั้งยังสอดคล้องกับสถานการณ์ปัจจุบัน นั่นคือการแพร่ระบาดของไวรัสโควิด-19 ทำให้เอื้อต่อการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในการอธิบายตามหลักการทางวิทยาศาสตร์อย่างสมเหตุสมผลและนำความรู้ไปใช้ได้ในชีวิตจริง

3.2.2 การเลือกห้องเรียน

ผู้วิจัยเลือกห้องเรียนจากนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ จำนวน 6 ห้องเรียน โดยนำส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแต่ละห้องมาเปรียบเทียบกัน พบว่าห้อง 4/1 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุด แสดงถึงการกระจายของคะแนนน้อยที่สุด แปลความได้ว่าคะแนนของนักเรียนส่วนใหญ่มีค่าใกล้ค่าเฉลี่ย ซึ่งนักเรียนจะมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนใกล้เคียงกันมากกว่าห้องอื่น จึงเลือกเป็นกลุ่มทดลองในการวิจัยนี้

3.3 การเลือกเนื้อหา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผู้วิจัยเลือกเนื้อหาวิชาชีววิทยา เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ เนื่องจากเนื้อหามีความเป็นนามธรรมสูงและเกี่ยวข้องกับสิ่งที่นักเรียนไม่เคยเห็นหรือบางสิ่งที่มีขนาดเล็กหรือใหญ่เกินกว่าจะจินตนาการซึ่งเป็นเรื่องยากต่อการเข้าใจของนักเรียน (Gul & Sozbilir, 2016) และเป็นหัวข้อที่ได้รับการตีพิมพ์บ่อยครั้งในวารสาร The Journal of Biology of Education (JBE) ที่เป็นวารสารระดับนานาชาติในการนำเสนอเกี่ยวกับการศึกษาและการจัดการเรียนรู้วิชาชีววิทยา แสดงถึงว่านักเรียนทั่วโลกมีปัญหาในการเรียนเนื้อหานี้ จึงควรส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความเข้าใจและมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง อีกทั้งยังพบว่าในการศึกษาเกี่ยวกับเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักวิทยาศาสตร์ต้องใช้กระบวนการสืบสอบความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ทันสมัย การจัดการเรียนรู้ในเนื้อหานี้จึงส่งเสริมการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ที่จะนำไปสู่การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ง่ายขึ้น อีกทั้งเนื้อหาเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอยังเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน ซึ่งสามารถ

พบได้จากข่าวสารทั่วไป เช่น การตรวจหาดีเอ็นเอเพื่อสืบหาผู้ก่อเหตุ สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม ซึ่งสามารถนำไปสร้างเรื่องราวในเกมที่สอดคล้องกับชีวิตจริงและเป็นสิ่งใกล้ตัว ทำให้ดึงดูดความสนใจของนักเรียนได้

3.4 การพิจารณาให้ตัวอย่างออกจากงานวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง กับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 40 คน โดยนักเรียนทั้งหมดจะต้องเข้ารับการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน ทำแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน และทำบันทึกการเรียนรู้ ซึ่งนักเรียนทุกคนจำเป็นต้องปฏิบัติตามเงื่อนไขดังกล่าวนี้ให้ครบถ้วน มิฉะนั้นจะได้รับการพิจารณาให้ออกจากการวิจัย โดยผู้ที่จะได้รับการพิจารณาให้ออกจากการวิจัยคือผู้ที่ปฏิบัติ ดังนี้

1) **ไม่ได้**เข้ารับการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน ***หรือ***เข้ารับการจัดการเรียนรู้ แต่มีเวลาเรียนไม่ถึงร้อยละ 80 ของเวลาเรียนทั้งหมด ***หรือ***

2) **ไม่ได้**ทำแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียน ***หรือ***

3) **ไม่ได้**ทำบันทึกการเรียนรู้

ทั้งนี้ หากนักเรียนที่เป็นตัวอย่างปฏิบัติตามข้อใดข้อหนึ่งใน 3 ข้อ ข้างต้น และผู้วิจัยไม่สามารถติดต่อ/ติดตามให้มาดำเนินการภายหลังได้ ผู้นั้นจะได้รับการพิจารณาให้ออกจากการวิจัยทันที โดยผู้วิจัยจะไม่นำข้อมูลส่วนใดส่วนหนึ่งที่ผู้นั้นเคยทำไว้มาพิจารณา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.5 วิธีการติดต่อและวิธีการเข้าถึงตัวอย่าง

ผู้วิจัยได้ขออนุญาตผู้ปกครองนักเรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนที่นักเรียนสังกัดเพื่อขอทำการวิจัย และแจ้งหัวหน้ากลุ่มบริหารวิชาการของโรงเรียนให้ทราบถึงแนวทางการจัดการเรียนรู้ ว่าจะใช้เวลาเรียนในวิชาชีววิทยา2 ที่ผู้วิจัยรับผิดชอบสอนอยู่ โดยไม่กระทบต่อการเรียนวิชาอื่น ๆ และเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยนั้นยังคงอยู่ภายใต้หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) เพื่อให้มั่นใจว่านักเรียนจะยังได้รับการสอนครบถ้วนตามที่หลักสูตรฯ กำหนดไว้

3.6 วิธีการพิทักษ์สิทธิ์ ป้องกันความเสี่ยง และรักษาความลับของตัวอย่าง

ผู้วิจัยได้ขออนุญาตดำเนินการวิจัยกับตัวอย่างที่มีอายุต่ำกว่า 18 ปี โดยส่งโครงร่างการวิจัยและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยให้กับคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 2 สังคมศาสตร์ มนุษยศาสตร์ และศิลปกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยพิจารณา ซึ่งได้รับการอนุมัติให้ดำเนินการวิจัยในโครงการวิจัยเลขที่ 028/64 ผลการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

จากนั้นผู้วิจัยได้ติดต่อขอให้บุคคลที่ไม่มีอิทธิพลเหนือนักเรียน คือ หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี แจ้งให้นักเรียนที่เป็นตัวอย่างทราบรายละเอียดเกี่ยวกับที่มาและวัตถุประสงค์ในการทำวิจัย รายละเอียดขั้นตอนต่าง ๆ ที่จะต้องปฏิบัติหรือได้รับการปฏิบัติ ความเสี่ยง/อันตราย และประโยชน์ซึ่งจะเกิดขึ้นจากการวิจัยครั้งนี้อย่างครบถ้วน เปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามหากมีข้อสงสัยและให้คำอธิบายแก่นักเรียนจนเข้าใจเป็นอย่างดี และแจ้งว่าผู้วิจัยจะไม่นำผลหรือคะแนนที่ได้จากการจัดการเรียนรู้มาใช้ในการตัดสินผลการเรียนของนักเรียน

นอกจากนี้ นักเรียนมีสิทธิ์ถอนตัวออกจากการวิจัยเมื่อใดก็ได้ตามความประสงค์โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผล ซึ่งการถอนตัวออกจากการวิจัยจะไม่มีผลกระทบทางลบใด ๆ ต่อนักเรียนทั้งสิ้น เช่น ผลกระทบต่อการเรียน การตัดสินผลการเรียน เป็นต้น และผู้วิจัยจะเก็บรักษาความลับของข้อมูลที่ได้จากนักเรียน โดยจะนำเสนอผลการวิจัยเป็นภาพรวมเท่านั้น ไม่มีข้อมูลใดในการรายงานที่จะนำไปสู่การระบุตัวตนของนักเรียน โดยเมื่อเสร็จสิ้นการวิจัยแล้ว ผู้วิจัยจะลบอิเล็กทรอนิกส์ไฟล์และทำลายข้อมูลที่เกี่ยวข้องภายในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2565 ด้วยเครื่องทำลายเอกสาร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สำหรับการจัดการเรียนการสอนแก่นักเรียนที่ไม่เข้าร่วมการวิจัยและนักเรียนที่ถอนตัวจากการวิจัย ผู้วิจัยจะจัดการเรียนการสอนเช่นเดียวกับนักเรียนที่เข้าร่วมโครงการวิจัยทุกประการ แต่ผู้วิจัยจะไม่ใช้ข้อมูลของนักเรียนที่ไม่เข้าร่วมการวิจัยและนักเรียนที่ถอนตัวจากการวิจัยมาวิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย ซึ่งนักเรียนยังคงได้รับการพัฒนาความรู้ ทักษะและเจตคติทางวิทยาศาสตร์ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้เช่นเดียวกับเพื่อนในห้องเดียวกัน

หลังจากนักเรียนทราบถึงวิธีการพิทักษ์สิทธิ์ ป้องกันความเสี่ยง และรักษาความลับในการทำวิจัยแล้ว ผู้วิจัยได้ให้บุคคลที่ไม่มีอิทธิพลเหนือนักเรียน ขอความร่วมมือให้นักเรียน และบิดา

มารดา ผู้ปกครองหรือผู้ดูแล ลงนามในหนังสือยินยอมเข้าร่วมในการวิจัย ก่อนเข้าสู่กระบวนการวิจัยในลำดับต่อไป

4. การสังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักการศึกษาและการประเมินผลของโครงการ PISA ในระดับนานาชาติ พบว่าวิธีการจัดการเรียนรู้ที่มีความเหมาะสมคือ การจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบ (Mostafa, 2018) ซึ่งจากข้อจำกัดของการสืบสอบ เช่น ความไม่น่าสนใจของสถานการณ์ในการสืบสอบที่ทำให้นักเรียนรู้สึกเบื่อหน่าย การขาดแรงจูงใจในการศึกษาปัญหาการสืบสอบ การสืบสอบที่มักไม่ได้เริ่มต้นจากคำถามของนักเรียนและอาจถูกมองว่าเป็นการตอบคำถามที่นักเรียนไม่เคยถาม เป็นต้น ผู้วิจัยจึงดำเนินการสืบค้นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและพบว่าการใช้เกมการศึกษาในการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบนั้นช่วยแก้ไขข้อจำกัดดังกล่าวได้ ซึ่งเรียกวิธีการจัดการเรียนรู้นี้ว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน จากการศึกษาการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านมาพบว่ามีการจัดการเรียนรู้โดยใช้ขั้นตอนที่หลากหลายและยากที่จะระบุให้ชัดเจนว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน ควรมีลักษณะและขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้อย่างไร (Jiang et al., 2020) ผู้วิจัยจึงวิเคราะห์งานวิจัยที่จัดการเรียนรู้ในลักษณะของการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน พบว่ามีองค์ประกอบที่สำคัญ 3 องค์ประกอบ คือ 1) เกมการศึกษาที่ส่งเสริมการสืบสอบ 2) การแนะแนวทางให้เกิดการสืบสอบและ 3) วิธีการที่ส่งเสริมให้เกิดการสืบสอบความรู้ และทำการจำแนกการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานออกเป็น 2 กลุ่ม โดยใช้ความสอดคล้องของขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้เป็นเกณฑ์ ดังนี้ **กลุ่มที่ 1 จัดการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานและขับเคลื่อนด้วยกิจกรรมในเกม** คือ มีขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ผ่านเกม โดยมีการกำหนดปัญหาและดำเนินการสืบสอบด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ซึ่งใช้เกมเป็นบริบทในการเรียนรู้ เมื่อพิจารณาการจัดการเรียนรู้ในลักษณะนี้พบว่าถ้าไม่มีเกมการศึกษาขั้นตอนการจัดการเรียนรู้เหล่านี้ก็ยังคงดำเนินต่อไปได้ แสดงให้เห็นชัดเจนว่าใช้เกมการศึกษาเป็นบริบทหนึ่งในการสืบสอบเท่านั้น **กลุ่มที่ 2 จัดการเรียนรู้โดยใช้เกมการศึกษาเป็นฐานที่มีสถานการณ์เอื้อต่อการสืบสอบ** คือ การสร้างเกมการศึกษาที่ส่งเสริมการสืบสอบและจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมการศึกษาเป็นหลัก โดยส่งเสริมให้นักเรียนได้สืบสอบในขณะเล่นเกม เมื่อพิจารณาพบว่า

ถ้าไม่มีเกมการศึกษาการจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอนของกลุ่มนี้จะดำเนินต่อไปไม่ได้ แสดงถึงว่าเกมการศึกษามีความสำคัญอย่างมากในการจัดการเรียนรู้

ผู้วิจัยศึกษารายละเอียดของแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานของทั้ง 2 กลุ่มและนำมาสังเคราะห์ให้ตรงกับความหมายและองค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานที่ศึกษามาก่อนหน้า ทำให้ได้ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน 5 ขั้นตอน โดยที่มาและรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนสามารถอธิบายได้ดังนี้

ขั้นที่ 1 นำเสนอสถานการณ์ ขั้นนี้ผู้วิจัยสร้างขึ้นจากการจัดการเรียนรู้ของนักการศึกษาจำนวน 3 เรื่อง (Chang & Lin, 2012; Hwang & Chen, 2017; Millis et al., 2011) ซึ่งเป็นขั้นตอนที่นักเรียนจะได้ทบทวนความรู้เดิมที่มีมาก่อนเรียนและศึกษาเนื้อหาเพิ่มเติมบางส่วนอย่างอิสระซึ่งเป็นการเตรียมความพร้อมให้นักเรียนก่อนที่จะสืบสอบ ทำให้มีแรงจูงใจและจดจ่อกับการเรียน

ขั้นที่ 2 อธิบายเกม ขั้นนี้ผู้วิจัยสร้างขึ้นจากการจัดการเรียนรู้ของนักการศึกษาจำนวน 3 เรื่อง (Chang & Lin, 2012; Dorji et al., 2015; Millis et al., 2011) ซึ่งเป็นขั้นตอนที่มีการอธิบายเกมและสาธิตการเล่นเบื้องต้น ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจตรงกันและเล่นอย่างมีทิศทางตามกติกาของเกม

ขั้นที่ 3 กำหนดคำถาม ขั้นนี้ผู้วิจัยสร้างขึ้นจากการจัดการเรียนรู้ของนักการศึกษาจำนวน 3 เรื่อง (Lameras et al., 2014; Meesuk & Srisawasdi, 2014; Millis et al., 2011) ซึ่งขั้นตอนนี้เป็นการกำหนดคำถามของนักเรียนเพื่อที่จะใช้คำถามนำไปสู่การสืบสอบจากความสงสัยและเบาะแสของปัญหาที่นักเรียนพบซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ในแบบที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการศึกษาวิทยาศาสตร์ โดยครูทำหน้าที่ปรับแต่งคำถามให้มีความเหมาะสมเพียงพอที่นักเรียนจะสามารถสืบสอบจากคำถามได้

ขั้นที่ 4 การสืบสอบจากเกม ขั้นนี้เป็นหัวใจของการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน ผู้วิจัยสร้างขึ้นจากการจัดการเรียนรู้ของนักการศึกษาจำนวน 5 เรื่อง (Chang & Lin, 2012; Dorji et al., 2015; Lameras et al., 2014; Meesuk & Srisawasdi, 2014; Millis et al., 2011) ซึ่งเป็นขั้นตอนที่นักเรียนจะได้วางแผนการสืบสอบและสืบสอบร่วมกันในขณะเล่นเกม โดยจะแบ่งการสืบสอบออกเป็นกลุ่มย่อยและมีการสนทนากันในระหว่างการสืบสอบ ทำให้เกิดความสนุกสนานการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และคิดเชื่อมโยงจากหลักฐานที่พบสู่ข้อสรุปได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ขั้นที่ 5 สรุปและอภิปราย ขั้นนี้ผู้วิจัยสร้างขึ้นจากการจัดการเรียนรู้ของนักการศึกษาจำนวน 3 เรื่อง (Chang & Lin, 2012; Lameras et al., 2014; Meesuk & Srisawasdi, 2014) ซึ่งเป็นขั้นที่นักเรียนจะได้สรุป อธิบายและสะท้อนผลที่ได้จากการเรียนรู้ ทั้งยังได้แลกเปลี่ยนวิธีการสืบสอบที่ประสบความสำเร็จกับเพื่อนในชั้น ทำให้เกิดความคงทนในการเรียนรู้และขยายความรู้สู่ชีวิตจริงได้

เมื่อนำมาวิเคราะห์ความสอดคล้องกับประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ พบว่าสามารถส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนใน 3 ประเภท คือ การให้เหตุผลแบบอุปนัยการให้เหตุผลแบบนิรนัยและการให้เหตุผลแบบอธิบาย แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	ส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ประเภท
ขั้นที่ 1 นำเสนอสถานการณ์ ครูนำเสนอสถานการณ์ในชีวิตจริงที่เกี่ยวข้องกับเรื่องราวของเกมและท้าทายนักเรียนด้วยปัญหาจากสถานการณ์ของเกม โดยใช้คำถามปลายเปิดเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสงสัยและพยายามหาคำตอบ ซึ่งครูทำหน้าที่เชื่อมต่อสถานการณ์เกมเข้ากับเนื้อหาบทเรียนและเปิดโอกาสให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมจากอินเตอร์เน็ต เมื่อนักเรียนมีความรู้ในเนื้อหาเพิ่มขึ้นจะทำให้ตั้งคำถามที่ดีในการสืบสอบได้และใช้คำถามของตนเองในการกำหนดทิศทางการสืบสอบในขั้นต่อไปได้	-
ขั้นที่ 2 อธิบายเกม ครูอธิบายเป้าหมายของการเรียนรู้ วัตถุประสงค์ของเกม กติกาและสาธิตวิธีการเล่น ซึ่งเป็นรายละเอียดที่จำเป็นสำหรับเตรียมความพร้อมในการสืบสอบจากเกม	-
ขั้นที่ 3 กำหนดคำถาม นักเรียนกำหนดคำถามที่ใช้ในการสืบสอบซึ่งเป็นคำถามที่สงสัยและเป็นเบาะแสของปัญหา โดยครูทำหน้าที่ปรับแต่งคำถามให้มีความเหมาะสมเพื่อใช้คำถามของนักเรียนนำทางการสืบสอบจากเกม	การให้เหตุผลแบบสมมตินัย ในการสังเกตและเปรียบเทียบผลของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจากเรื่องราวของเกมสู่สาเหตุที่ยังไม่แน่ชัด ซึ่งจะทำให้เกิดการตั้งคำถาม นำไปสู่การพยากรณ์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	ส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ประเภท
ขั้นที่ 4 การสืบสอบจากเกม นักเรียนวางแผนการสืบสอบจากคำถามที่สร้างขึ้นและพยากรณ์คำตอบที่เป็นไปได้เกี่ยวกับปัญหาที่สงสัย ซึ่งอาจกำหนดกลยุทธ์ในการเล่นของตนเองและสืบสอบร่วมกันผ่านการเล่นเกม โดยสร้างชุมชนการสืบสอบแบบร่วมมือ ที่เป็นกลุ่มขนาดเล็กและเล่นตามบทบาทสมมติจากสถานการณ์ของเกมโดยมีเป้าหมายของการเล่นที่แน่นอน นักเรียนสื่อสารกันในระหว่างเล่นเกมและรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการสืบสอบเพื่อนำมาวิเคราะห์และนำเสนอคำตอบเมื่อจบเกม โดยครูทำหน้าที่ให้คำแนะนำสำหรับวิธีการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์และสนับสนุนความร่วมมือของนักเรียนในกลุ่ม	1) การให้เหตุผลแบบอุปนัย โดยนักเรียนคิดเชื่อมโยงจากข้อเท็จจริงที่พบจากการสืบสอบสู่ข้อสรุป 2) การให้เหตุผลแบบนิรนัยโดยการใช้หลักฐานที่พบจากเกมในการตรวจสอบความรู้ก่อนที่จะลงข้อสรุป 3) การให้เหตุผลแบบสมมตินัย ในการสังเกตและเปรียบเทียบจากผลของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นสู่สาเหตุที่ยังไม่แน่ชัดโดยสืบสอบจากบริบทของเกมร่วมกับการพยากรณ์ก่อนให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
ขั้นที่ 5 สรุปและอภิปราย นักเรียนนำเสนอผลการสืบสอบ สรุปและอภิปรายประสบการณ์จากการเล่นเกมและการสืบสอบร่วมกัน สื่อสารผลลัพธ์และสะท้อนผลการเรียนรู้ในรูปแบบ ต่าง ๆ	1) การให้เหตุผลแบบอุปนัย โดยนักเรียนคิดเชื่อมโยงจากข้อเท็จจริงที่พบจากการสืบสอบสู่ข้อสรุปที่นักเรียนร่วมกันอภิปรายทั้งจากกลุ่มย่อยและเพื่อนในชั้นเรียน 2) การให้เหตุผลแบบนิรนัยโดยการใช้หลักฐานที่พบจากเกมในการตรวจสอบความรู้ก่อนที่จะลงข้อสรุป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

5.1 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน แบบบันทึกการสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ (Informal interview) และบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน

5.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

5.2.1 แผนการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ที่จัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน ในหน่วยการเรียนรู้เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จำนวน 4 แผน ดังนี้ 1) พันธุวิศวกรรมและการโคลนยีน 2) การหาขนาดของ DNA และการหาลำดับนิวคลีโอไทด์ 3) การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ 4) เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอกับความปลอดภัยทางชีวภาพและชีวจริยธรรม

5.2.2 เกมการศึกษา เป็นประเภทเกมกระดาน โดยสร้างขึ้นจากเนื้อหาเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอซึ่งประกอบด้วย 4 เกม คือ 1) เกม COVID-19 2) เกม Hunting down a killer 3) เกม OMG-GMO และ 4) เกม Emoji

ผู้วิจัยดำเนินการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลและเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองโดยมีรายละเอียดของขั้นตอนการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ดังนี้

5.1 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบด้วย

5.1.1 แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นซึ่งเป็นแบบปรนัยหลายตัวเลือก โดยแต่ละข้อแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ข้อสอบปรนัยหลายตัวเลือก ให้นักเรียนวงกลมล้อมรอบตัวเลือกที่ถูกต้องที่สุดและ ส่วนที่ 2 การอธิบายเหตุผลในการเลือกตอบตัวเลือกนั้น ให้นักเรียนเขียนอธิบายเหตุผลประกอบ โดยใช้แนวทางการสร้างแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในส่วนที่ 1 ข้อสอบปรนัยหลายตัวเลือก ของ Lawson (2000) เนื่องจากเป็นแบบวัดที่มีข้อคำถามเชิงสถานการณ์และท้าทายนักเรียนให้เกิดความสงสัยได้ อีกทั้งยังได้รับการปรับปรุงมาจากแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของ Lawson (1978) ที่ใช้ได้ผลดีกับนักเรียนที่มีอายุเฉลี่ย 16.5 ปี ซึ่งมีความใกล้เคียงกับตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยนี้ และส่วนที่ 2 การอธิบายเหตุผลในการเลือกตอบตัวเลือกนั้น ผู้วิจัยใช้แนวทางการสร้างแบบวัดของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2556) ที่ใช้ในการวัดการให้เหตุผลในวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยให้นักเรียนเขียนอธิบายคำตอบของตนเอง จากนั้นจัดทำข้อสอบคู่ขนานจำนวนฉบับละ 16 ข้อ โดยสร้างคำถามเชิงสถานการณ์จากสถานการณ์ในชีวิตจริงที่พบในสื่อออนไลน์ ข่าวปัจจุบันที่มีประเด็นเกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์

บทความวิทยาศาสตร์ ผลการทดลอง และวิจัยทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีหลักเกณฑ์ในการสร้างข้อคำถาม โดยผู้วิจัยวิเคราะห์เนื้อหาของบทความที่สอดคล้องกับองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ จากนั้นสร้างข้อคำถามที่มีความสอดคล้องกับเนื้อหา เพื่อให้นักเรียนสามารถให้เหตุผลได้อย่างเที่ยงตรงตามบริบทของสถานการณ์นั้น ๆ ซึ่งมีความสอดคล้องกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในชีวิตจริง ขั้นตอนการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ เป็นดังนี้

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามรถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อระบุแนวคิด นิยามเชิงปฏิบัติการ กำหนดพฤติกรรมบ่งชี้ กรอบแนวคิดในการวิจัย แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้และสร้างข้อคำถามสำหรับการวัด ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 นิยามเชิงปฏิบัติการและพฤติกรรมบ่งชี้ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

นิยามเชิงปฏิบัติ การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์	พฤติกรรมบ่งชี้ แต่ละองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
กระบวนการคิดของนักเรียนในการรวบรวม วิเคราะห์และประเมินหลักฐานร่วมกับหลักการทางวิทยาศาสตร์และเชื่อมโยงสู่การลงข้อสรุปของเหตุการณ์อย่างสมเหตุสมผล	1. การพิจารณาและใช้หลักฐาน คือ การที่นักเรียนสามารถรวบรวมข้อมูล พิจารณา วิเคราะห์และประเมินหลักฐานโดยใช้หลักการ ทฤษฎี กฎทางวิทยาศาสตร์ และใช้หลักฐานในการอ้างอิงสู่ข้อสรุป
	2. การพยากรณ์ คือ การที่นักเรียนสามารถระบุการคาดคะเนการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงในเชิงวิทยาศาสตร์ หรือความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลจากสถานการณ์โดยใช้หลักฐานในการคิดและให้เหตุผลที่สมเหตุสมผล
	3. การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานเพื่อนำไปสู่การสร้างข้อสรุป คือ การที่นักเรียนสามารถอธิบายและระบุการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐาน โดยใช้หลักการ ทฤษฎี กฎ ทางวิทยาศาสตร์
	4. การสร้างข้อสรุป คือ การที่นักเรียนสามารถระบุข้อสรุปที่เที่ยงตรงจากการพิจารณาหลักฐานอย่างสมเหตุสมผล โดยใช้หลักการ ทฤษฎี กฎ ทางวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. ดำเนินการสร้างแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ตามองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในนิยามเชิงปฏิบัติการที่กำหนดไว้ โดยแบ่งออกเป็นแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนซึ่งเป็นแบบคู่ขนานจำนวนฉบับละ 16 ข้อ รายละเอียดในแต่ละฉบับ ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 รายละเอียดของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

นิยามศัพท์	องค์ประกอบของตัวแปร	น้ำหนักความสำคัญ (ร้อยละ)	จำนวนข้อ	ข้อที่
ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์	1) การพิจารณาและใช้หลักฐาน	25	4	3,9,10,12
	2) การพยากรณ์	25	4	1,6,8,16
	3) การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานเพื่อนำไปสู่การสร้างข้อสรุป	25	4	2,5,7,13
	4) การสร้างข้อสรุป	25	4	4,11,14,15
	รวม	100	16	

ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนแบ่งเป็น 2 ส่วนในแต่ละข้อ คือ ส่วนที่ 1 ข้อสอบปรนัยหลายตัวเลือก เมื่อนักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องจะได้คะแนน 1 คะแนน ส่วนที่ 2 การอธิบายเหตุผลในการเลือกตอบตัวเลือกนั้น ซึ่งจะให้น้ำหนักคะแนนมากกว่า คือ 2 คะแนน เนื่องจากนักเรียนจะให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในลักษณะของการเขียน ซึ่งแสดงถึงความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่มาจากการคิดภายในจิตใจและถ่ายทอดออกมาเป็นข้อความที่เฉพาะตัวของนักเรียนแต่ละคน ผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน (rubrics scoring) เป็น 4 องค์ประกอบ แต่ละองค์ประกอบมีค่าคะแนน 0-2 คะแนน ดังตารางที่ 10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 10 เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

องค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์	เกณฑ์การให้คะแนน		
	2 คะแนน	1 คะแนน	0 คะแนน
1. การพิจารณาและใช้หลักฐาน	รวบรวมข้อมูล พิจารณา วิเคราะห์และประเมินหลักฐานโดยใช้หลักการ ทฤษฎี กฎ ทางวิทยาศาสตร์ และใช้หลักฐานในการอ้างอิงสู่ข้อสรุปได้ถูกต้องสมบูรณ์	รวบรวมข้อมูล พิจารณา วิเคราะห์และประเมินหลักฐานโดยใช้หลักการ ทฤษฎี กฎ ทางวิทยาศาสตร์ และใช้หลักฐานในการอ้างอิงสู่ข้อสรุปได้ถูกต้องบางส่วน	รวบรวมข้อมูล พิจารณา วิเคราะห์และประเมินหลักฐานโดยใช้หลักการ ทฤษฎี กฎ ทางวิทยาศาสตร์ แต่ระบุหลักฐานที่ใช้ไม่สอดคล้องกับข้อสรุป <u>หรือ</u> ไม่ระบุหลักฐานที่ในการอ้างอิงข้อสรุป
2. การพยากรณ์	ระบุการคาดคะเนการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงในเชิงวิทยาศาสตร์ หรือความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลจากสถานการณ์โดยใช้หลักฐานในการคิดได้ถูกต้องสมบูรณ์	ระบุการคาดคะเนการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงในเชิงวิทยาศาสตร์ หรือความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลจากสถานการณ์โดยใช้หลักฐานในการคิดได้ถูกต้องบางส่วน	ระบุการคาดคะเนการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงในเชิงวิทยาศาสตร์ หรือความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลจากสถานการณ์โดยไม่ใช้หลักฐานในการคิด <u>หรือ</u> ไม่ระบุระบุการคาดคะเนการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงในเชิงวิทยาศาสตร์ หรือความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลที่เป็นไปได้จากสถานการณ์
3. การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานเพื่อนำไปสู่การ	อธิบายและระบุความสัมพันธ์ระหว่าง 1. หลักฐานทาง	อธิบายและระบุความสัมพันธ์ระหว่าง 1. หลักฐานทาง	ไม่ระบุความสัมพันธ์ระหว่าง 1. หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ 2. แนวคิด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

องค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์	เกณฑ์การให้คะแนน		
	2 คะแนน	1 คะแนน	0 คะแนน
สร้างข้อสรุป	วิทยาศาสตร์ 2. แนวคิด หลักการ กฎ และทฤษฎี ทางวิทยาศาสตร์ 3. การลงข้อสรุปทาง วิทยาศาสตร์ ได้ถูกต้อง สมบูรณ์	วิทยาศาสตร์ 2. แนวคิด หลักการ กฎ และทฤษฎี ทางวิทยาศาสตร์ 3. การลงข้อสรุปทาง วิทยาศาสตร์ ไม่ครบถ้วน โดยขาดตั้งแต่ 1 องค์ประกอบขึ้นไป	หลักการ กฎ และทฤษฎี ทางวิทยาศาสตร์ 3. การลงข้อสรุปทาง วิทยาศาสตร์ <u>หรือ</u> ระบุ องค์ประกอบไม่ครบถ้วน โดยขาดตั้งแต่ 2 องค์ประกอบขึ้นไป
4. การสร้างข้อสรุป	ระบุข้อสรุปที่เที่ยงตรงจาก การพิจารณาหลักฐาน อย่างสมเหตุสมผล โดยใช้ หลักการ ทฤษฎี กฎ ทางวิทยาศาสตร์ถูกต้อง สมบูรณ์	ระบุข้อสรุปที่เที่ยงตรงจาก การพิจารณาหลักฐาน อย่างสมเหตุสมผล โดยใช้ หลักการ ทฤษฎี กฎ ทางวิทยาศาสตร์ถูกต้อง บางส่วน	ระบุข้อสรุปไม่ถูกต้อง หรือไม่สรุปข้อมูลในการให้ เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

3. นำแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อพิจารณาความถูกต้องและปรับปรุงแก้ไข

4. นำแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน คือ อาจารย์สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะครุศาสตร์/ศึกษาศาสตร์ จำนวน 2 ท่าน และครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ ที่มีการจัดการเรียนการสอนและงานวิจัยตีพิมพ์เกี่ยวกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในวารสารวิชาการและมีประสบการณ์การสอนไม่ต่ำกว่า 5 ปี จำนวน 1 ท่าน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา โดยพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ จากนั้นเลือกข้อคำถามที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ในช่วง .50-1.00 โดยผู้ทรงคุณวุฒิแนะนำว่าควรปรับตัวเลือกให้มีความสอดคล้องกับเนื้อหาในบทความและปรับตัวลวงให้แตกต่างจากตัวเลือกที่เป็นคำตอบ และในบางสถานการณ์ของบทความมีคำศัพท์เฉพาะทางวิทยาศาสตร์ที่ยากต่อการทำความเข้าใจจึงควรปรับแก้ให้เป็นภาษาที่อ่านแล้วเข้าใจได้ง่าย อีกทั้งเกณฑ์การให้คะแนนส่วนที่ 2 การเขียนอธิบายคำตอบ อาจยากสำหรับนักเรียนที่จะทำได้ 2 คะแนน ซึ่งผู้ทรงคุณวุฒิแนะนำว่าไม่ต้องปรับแก้เกณฑ์ เพราะจะทำให้ได้รู้ว่า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่แท้จริงของนักเรียนอยู่ในระดับใด จากนั้นปรับตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิก่อนนำไปทดลองใช้

5. นำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับตัวอย่าง จำนวน 30 คน เพื่อหาค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก ค่าความเชื่อมั่น แสดงดังตารางที่ 11 และจัดทำข้อสอบแบบคู่ขนานจำนวน 2 ฉบับ ฉบับละ 16 ข้อ

ตารางที่ 11 ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ฉบับก่อนเรียนและหลังเรียน

สิ่งเปรียบเทียบ	ฉบับก่อนเรียน	ฉบับหลังเรียน
1. ค่าความยาก	.36 - .63	.36 - .70
2. ค่าอำนาจจำแนก	.33 - .73	.33 - .60
3. ค่าความเชื่อมั่น	.88	.84

5.1.2 แบบบันทึกการสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ

แบบบันทึกการสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการในการวิจัยนี้ ใช้เพื่อเก็บข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในระหว่างการวิจัย โดยผู้วิจัยจะไม่กำหนดคำถามไว้ล่วงหน้า แต่จะตั้งคำถามภายหลังจากจากตรวจแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ฉบับก่อนและหลังเรียนและภายหลังการตรวจบันทึกการเรียนรู้ ในประเด็นที่นักเรียนเขียนตอบหรือเขียนอธิบายที่สื่อถึงองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ ได้แก่ 1. การพิจารณาและใช้หลักฐาน 2. การพยากรณ์ 3. การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานเพื่อนำไปสู่การสร้างข้อสรุป 4. การสร้างข้อสรุป โดยให้นักเรียนตอบคำถามเพิ่มเติมเพื่อแสดงถึงความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบดังกล่าว ซึ่งมีขั้นตอนการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ดังนี้

1. ศึกษาเกี่ยวกับการสร้างและใช้แบบบันทึกการสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการจากหนังสือและงานวิจัย

2. ดำเนินการสร้างแบบบันทึกการสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ ที่ประกอบด้วยวัตถุประสงค์การสัมภาษณ์ ชื่อผู้เข้ารับการสัมภาษณ์ หัวข้อและจุดมุ่งหมายในการสัมภาษณ์ กรณีที่สัมภาษณ์ วันที่สัมภาษณ์และตารางบันทึกการสัมภาษณ์ และกำหนดกรณีตัวอย่างของการใช้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบบันทึกการสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการและการวิเคราะห์ข้อมูลจากการตอบคำถามของนักเรียนเพื่อเป็นแนวทางในการเก็บข้อมูล

3. นำแบบบันทึกการสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการที่สร้างขึ้นเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อพิจารณาความถูกต้องและปรับปรุงแก้ไข

4. นำแบบบันทึกการสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการที่สร้างขึ้น ให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน คือ อาจารย์สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะครุศาสตร์/ศึกษาศาสตร์ จำนวน 2 ท่าน และครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ ที่มีประสบการณ์การสอนไม่ต่ำกว่า 5 ปี จำนวน 1 ท่าน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา โดยพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้องที่อยู่ในช่วง .50-1.00 โดยผู้ทรงคุณวุฒิแนะนำให้เพิ่มข้อคำถามหลักตามองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสัมภาษณ์ จากนั้นปรับตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิก่อนนำไปทดลองใช้

การวิจัยนี้จะใช้แบบบันทึกการสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการใน 2 กรณี ดังนี้

1) หลังจากตรวจแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ฉบับก่อนเรียนและหลังเรียน

หากพบว่านักเรียนตอบคำถามที่แสดงถึงการมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ ผู้วิจัยจะสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการรายบุคคล เพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกันกับสิ่งที่นักเรียนต้องการสื่อสาร

ตัวอย่างการสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการและการใช้คำถามของผู้วิจัย เกี่ยวกับคำตอบของนักเรียนในแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

<u>ตัวอย่าง</u> จากบทความที่ 2 เรื่อง ไขคำตอบ “สีหมึก” ซึมถุงโจ๊กได้อย่างไร

คำถามข้อที่ 4 ข้อสรุปใด<u>ไม่</u>สมเหตุสมผลเกี่ยวกับการซึมของสีหมึกผ่านถุงโจ๊ก

ตอนที่ 1 นักเรียนตอบตัวเลือกที่ 2 ถ้านำปากกาเคมีที่แช่เย็นมาเขียนถุงโจ๊กที่ร้อน สีของปากกาจะไม่ซึมผ่านถุงโจ๊ก ซึ่งเป็นคำตอบที่ถูกต้อง

ตอนที่ 2 นักเรียนเขียนอธิบายคำตอบที่แสดงถึงการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ในองค์ประกอบการพิจารณาและใช้หลักฐาน เช่น ถึงแม้จะนำปากกาเคมีไปแช่เย็น แต่ถุงโจ๊กยังคงร้อนอยู่ เมื่อเขียนบนถุงโจ๊กจะมี<u>พลังงานกระตุ้น</u>ที่ทำให้สีของปากกาเคมีเคลื่อนที่ไปได้

กรณีนี้ผู้วิจัยจะสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการกับนักเรียน โดยใช้คำถาม ดังนี้

ผู้วิจัย : จากคำตอบของนักเรียนในตอนที่ 2 ที่เขียนไว้ว่า “ถึงแม้จะนำปากกาเคมีไปแช่เย็น แต่ถุงโจ๊กยังคงร้อนอยู่ เมื่อเขียนบนถุงโจ๊กจะมีพลังงานกระตุ้นที่ทำให้สีของปากกาเคมีเคลื่อนที่ไปได้” พลังงานกระตุ้นที่นักเรียนเขียนตอบมา นักเรียนกล่าวถึงพลังงานอะไร

นักเรียน : พลังงานกระตุ้นที่กล่าวถึง คือ พลังงานความร้อนที่ไปกระตุ้นโมเลกุลของสารสีให้เคลื่อนที่ผ่านถุงโจ๊กได้ครับ/ค่ะ เป็นต้น

ในกรณีที่นักเรียนตอบเช่นนี้ผู้วิจัยจะจัดว่านักเรียนมีการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบการพิจารณาและใช้หลักฐาน เนื่องจากนักเรียนมีความเข้าใจหลักฐานที่ใช้ในการอ้างอิงสู่ข้อสรุป เพียงแต่เขียนในอธิบายโดยใช้คำศัพท์ในทางวิทยาศาสตร์ไม่ชัดเจน

2) หลังจากการตรวจบันทึกการเรียนรู้

ผู้วิจัยจะสัมภาษณ์นักเรียนแบบไม่เป็นทางการ โดยใช้การสอบถามรายบุคคลใน 2 กรณี คือ 1. เมื่อพบว่านักเรียนเขียนอธิบายและสะท้อนความคิดจากประสบการณ์ที่ได้จากการเรียนรู้โดยแสดงถึงการมีความสามารถมารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ 2. เมื่อพบว่านักเรียนมีข้อสงสัยหรือไม่เข้าใจในเนื้อหา

กรณีที่ 1 เมื่อพบว่านักเรียนเขียนอธิบายและสะท้อนความคิดจากประสบการณ์ที่ได้จากการเรียนรู้โดยแสดงถึงการมีความสามารถมารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์

ตัวอย่าง นักเรียนเขียนบันทึกการเรียนรู้หลังจากจบคาบเรียนที่ 2 เรื่อง พันธุวิศวกรรมและการโคลนยีน ในหัวข้อ 1. ความรู้สึกและประสบการณ์ที่ได้รับ โดยนักเรียนเขียนว่า “ผมค้นหายีนของสิ่งมีชีวิตที่สามารถสร้างสารกำจัดไวรัสโควิด-19 และค้นหาชิ้นส่วนของดีเอ็นเอบนกระดานเกมซึ่งต้องเปิดถึง 5 ชิ้น จึงจะพบ และต้องรีบเล่นเกมแข่งกันเพื่อตัดยีนนั้นไปใช้ประโยชน์ให้ทันเวลา”

จากกรณีนี้จะพบว่า นักเรียนสามารถใช้หลักฐานในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ซึ่งสอดคล้องกับองค์ประกอบที่ 1 การพิจารณาและใช้หลักฐาน แต่ยังไม่สมบูรณ์เนื่องจากนักเรียนไม่ได้แสดงถึงการรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์หลักฐานโดยใช้หลักการ ทฤษฎี กฎ ทางวิทยาศาสตร์และยังมไม่ได้ใช้หลักฐานในการอ้างอิงสู่ข้อสรุป ผู้วิจัยจะสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ ดังตัวอย่าง

ผู้วิจัย : ในขณะเล่นเกม นักเรียนมีการสืบค้นข้อมูลยีนของสิ่งมีชีวิตที่สามารถสร้างสารกำจัดไวรัส โควิด-19 จากสิ่งใด

นักเรียน : จากคู่มือการเล่นเกมและข้อมูลที่ให้มาครับ

ผู้วิจัย : เมื่อพบข้อมูลแล้วนักเรียนมีวิธีการอย่างไร เพื่อพิสูจน์ว่าข้อมูลนั้นถูกต้อง

นักเรียน : หลังจากผมค้นพบยีนของตัวลามะ ก็นำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลในกระดานเกม โดยพบว่ามีลำดับเบสตรงกันทุกตำแหน่ง จึงแน่ใจว่าเป็นยีนที่ตามหาและสามารถสร้างสารกำจัดไวรัส โควิด-19 ตามที่ข้อมูลในเกมระบุได้

ผู้วิจัย : มีข้อมูลอื่นอีกหรือไม่ในการยืนยันข้อสรุปของเรา ว่าลามะมียีนที่กำจัดไวรัสโควิด-19 ได้

นักเรียน : มีข้อมูลจากการเปิดชิ้นส่วนดีเอ็นเอ ซึ่งตรงกันกับยีนที่พบในกระดานเกมและยีนของลามะ จึงสรุปได้ว่ายีนของลามะสามารถกำจัดไวรัสโควิด-19 ได้

ในกรณีที่นักเรียนตอบเช่นนี้ผู้วิจัยจะจัดว่านักเรียนมีการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบการพิจารณาและใช้หลักฐาน เนื่องจากนักเรียนมีการพิจารณายีนของลามะ ยีนที่พบในกระดานเกมและยีนที่พบในชิ้นส่วนดีเอ็นเอ โดยใช้ข้อมูลจากคู่มือการเล่นและข้อมูลในเกมมาลงข้อสรุป

กรณีที่ 2 เมื่อพบว่านักเรียนมีข้อสงสัยหรือไม่เข้าใจในเนื้อหา ผู้วิจัยจะสัมภาษณ์นักเรียนแบบไม่เป็นทางการเป็นรายบุคคลเกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนสงสัยและอธิบายข้อสงสัยนั้น

ตัวอย่างการสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการและการใช้คำถามของผู้วิจัย เกี่ยวกับคำตอบของนักเรียนในบันทึกการเรียนรู้

Chulalongkorn University

ตัวอย่าง นักเรียนเขียนบันทึกการเรียนรู้หลังจากจบคาบเรียนที่ 2 ในเรื่อง พันธุวิศวกรรมและการโคลนยีน และมีประเด็นที่นักเรียนสงสัยหรือไม่เข้าใจในเนื้อหา เช่น นักเรียนเขียนบันทึกการเรียนรู้ในหัวข้อที่ 4 ปัญหาที่พบในการเรียนรู้ นักเรียนเขียนว่า “ในขณะสืบค้นข้อมูลจากเกม มีความสงสัยว่าจำเป็นต้องใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดเดียวกันในการตัดพลาสมิดและดีเอ็นเอเป้าหมายทั้ง 4 ตำแหน่งหรือไม่ ซึ่งต้องทดลองและจับคู่เอนไซม์ตัดจำเพาะอยู่หลายครั้ง โดยเริ่มค้นหาจากเอนไซม์ตัดจำเพาะเพียงชนิดเดียวก่อนและเพิ่มเป็น 2 ชนิด ซึ่งส่งผลให้การเล่นเกมล่าช้า”

จากบันทึกการเรียนรู้ที่ว่า “จำเป็นต้องใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดเดียวกันในการตัดพลาสมิดและดีเอ็นเอเป้าหมายทั้ง 4 ตำแหน่งหรือไม่”

- กรณีที่นักเรียนมีความเข้าใจถูกต้องตามแนวคิดวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัย : จำเป็นต้องใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดเดียวกันในการตัดพลาสมิดและดีเอ็นเอเป้าหมายทั้ง 4 ตำแหน่งหรือไม่

นักเรียน : ไม่จำเป็น

ผู้วิจัย : ในเกมนักเรียนเลือกใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะ 2 ชนิด เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

นักเรียน : ในการตัดชิ้นส่วนพลาสมิดและดีเอ็นเอเป้าหมายที่จะนำมาเชื่อมกัน ต้องใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดเดียวกัน ซึ่งคัดเลือกจากบริเวณจดจำที่มีการเรียงลำดับเบสแบบพาลินโดรม เมื่อเชื่อมด้วยเอนไซม์ไลเกสจะต่อกันได้พอดี ส่วนในเกมนั้นต้องใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะ 2 ชนิด เนื่องจากฝั่งซ้ายและขวาของดีเอ็นเอเป้าหมายมีบริเวณจดจำของเอนไซม์ตัดจำเพาะต่างกัน

- กรณีที่นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัย : จำเป็นต้องใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดเดียวกันในการตัดพลาสมิดและดีเอ็นเอเป้าหมายทั้ง 4 ตำแหน่งหรือไม่

นักเรียน : จำเป็น

ผู้วิจัย : เพราะเหตุใด ให้นักเรียนยกตัวอย่างประกอบ

นักเรียน : เพราะในเกมใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะเพียงชนิดเดียวก็สามารถตัดดีเอ็นเอเป้าหมายได้ เช่น ใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดที่ 2 ในการตัดดีเอ็นเอเป้าหมายและพลาสมิด

ผู้วิจัย : การเลือกใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะต้องคำนึงถึงบริเวณจดจำและการเข้ากันได้ของดีเอ็นเอเป้าหมายกับพลาสมิดโดยต้องดูทุกตำแหน่ง นักเรียนได้พิจารณาปัจจัยนี้หรือไม่

นักเรียน : ได้พิจารณา แต่ไม่ครบถ้วน

ผู้วิจัย : ในการเลือกใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะต้องพิจารณาบริเวณจดจำที่มีการเรียงตัวของลำดับเบสเป็นแบบพาลินโดรม โดยคำนึงว่าเมื่อนำไปต่อกับชิ้นส่วนของดีเอ็นเอเป้าหมายจะต้องเข้ากันได้พอดี ซึ่งในการเลือกเอนไซม์ตัดจำเพาะจากในเกมนั้นต้องพิจารณาฝั่งซ้ายและขวาของดีเอ็นเอเป้าหมาย ซึ่งทั้งสองฝั่งของดีเอ็นเอเป้าหมายไม่จำเป็นต้องใช้เอนไซม์ชนิดเดียวกันในการตัด เช่น ฝั่งซ้ายของดีเอ็นเอเป้าหมายตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดที่ 2 ฝั่งขวาตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดที่ 4 แบบนี้ก็ได้ โดยการเชื่อมเข้ากับพลาสมิดนั้น ฝั่งที่ตัดด้วยเอนไซม์

ตัดจำเพาะชนิดที่ 2 ต้องเชื่อมเข้ากับพลาสมิดที่ตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดที่ 2 และในทำนองเดียวกันฝั่งที่ตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดที่ 4 จะต้องเชื่อมกับพลาสมิดที่ตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดที่ 4 เช่นกัน เป็นต้น

5.1.3 แบบบันทึกการเรียนรู้

ผู้วิจัยมอบหมายภาระงานให้นักเรียนเขียนบันทึกการเรียนรู้หลังจากจัดการเรียนรู้ในแต่ละครั้งเพื่อให้นักเรียนได้ทบทวนสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้ สะท้อนความคิดจากประสบการณ์ที่ได้จากการเรียนรู้และความรู้สึกที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน ซึ่งเป็นการให้ข้อมูลย้อนกลับซึ่งกันและกันระหว่างนักเรียนและผู้วิจัย โดยมีขั้นตอนการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ดังนี้

1. ศึกษาเกี่ยวกับการสร้างและใช้แบบบันทึกการเรียนรู้จากหนังสือและงานวิจัย

2. ดำเนินการสร้างแบบบันทึกการเรียนรู้ ประกอบด้วย 6 หัวข้อ ดังนี้ 1) กิจกรรมการเรียนการสอนโดยสรุป 2) ผลการเรียนรู้ที่เกิดขึ้น 3) ความรู้สึกและประสบการณ์ที่ได้รับ 4) ปัญหาที่พบในการเรียนรู้ 5) แนวทางการแก้ไข 6) การประยุกต์ใช้ความรู้และประสบการณ์ที่ได้รับ (ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์, 2550)

3. นำบันทึกการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อพิจารณาความถูกต้องและปรับปรุงแก้ไข

4. นำบันทึกการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น ให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน คือ อาจารย์สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะครุศาสตร์/ศึกษาศาสตร์ จำนวน 2 ท่าน และครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ ที่มีประสบการณ์การสอนไม่ต่ำกว่า 5 ปี จำนวน 1 ท่าน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา โดยพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้องที่อยู่ในช่วง .50-1.00 ก่อนนำไปทดลองใช้

ซึ่งมีขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูลจากการเขียนบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน ดังนี้

1. ผู้วิจัยตรวจบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน เมื่อพบว่านักเรียนเขียนอธิบายและสะท้อนความคิดจากประสบการณ์ที่ได้จากการเรียนรู้โดยแสดงถึงการมีความสามารถมารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ใน 4 องค์ประกอบ คือ 1. การพิจารณาและใช้หลักฐาน 2. การพยากรณ์ 3. การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานเพื่อนำไปสู่การสร้างข้อสรุป 4. การสร้างข้อสรุป ผู้วิจัยจะจดบันทึกจำนวนและข้อความที่แสดงถึงองค์ประกอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนรายบุคคล ในกรณีที่นักเรียนเขียนตอบที่แสดงถึงความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ไม่สมบูรณ์ ผู้วิจัยจะสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการเพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกันกับที่นักเรียนต้องการสื่อสาร

2. ผู้วิจัยวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน นำเสนอในรูปแบบร้อยละและวิเคราะห์เนื้อหาโดยเขียนบรรยายสรุป

5.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

5.2.1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่จัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน ซึ่งมีขั้นตอนในการสร้างและตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน จากนั้นสังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้

2. คัดเลือกเนื้อหาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ที่ส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยใช้เนื้อหาในวิชาชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หน่วยการเรียนรู้เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

3. กำหนดขอบเขตเนื้อหา วัตถุประสงค์การจัดการเรียนรู้และกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ รวมทั้งสิ้น 4 แผน จำนวน 12 คาบ ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 เนื้อหาและจำนวนคาบเรียนที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่	เนื้อหา	จำนวนคาบ
1	พันธุวิศวกรรมและการโคลนยีน	5
2	การหาขนาดของ DNA และการหาลำดับนิวคลีโอไทด์	1
3	การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ	4
4	เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอกับความปลอดภัยทางชีวภาพและชีวจริยธรรม	2
	รวม	12

4. จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้รายคาบตามเนื้อหาและจำนวนแผนที่กำหนด โดยใช้ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้ 1)นำเสนอสถานการณ์ 2) อธิบายเกม 3) กำหนดคำถาม 4) การสืบสอบจากเกม 5) สรุปและอภิปราย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อพิจารณาตรวจสอบและให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับแผนการจัดการเรียนรู้ที่จัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน

6. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่แก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ได้แก่ อาจารย์สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะครุศาสตร์/ศึกษาศาสตร์ จำนวน 2 ท่าน และครูผู้สอนวิชาชีววิทยา ที่มีงานวิจัยตีพิมพ์เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้วิชาชีววิทยาในวารสารวิชาการอย่างน้อย 1 เรื่อง ในช่วงระยะเวลาไม่เกิน 5 ปี และมีประสบการณ์การสอนชีววิทยาไม่ต่ำกว่า 5 ปี จำนวน 1 ท่าน ตรวจพิจารณาความเหมาะสมเชิงเนื้อหาและกิจกรรมที่ใช้ในแผนการจัดการเรียนรู้ โดยพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้องที่อยู่ในช่วง .50-1.00 โดยผู้ทรงคุณวุฒิแนะนำว่าในบางแผนการจัดการเรียนรู้ควรเขียนรายละเอียดในกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 5 สรุปและอภิปรายให้เห็นถึงบทบาทของครูและนักเรียนในการมีส่วนร่วมสรุปและอภิปรายความรู้ร่วมกันให้ชัดเจนมากขึ้น รายละเอียดในกิจกรรมของบางแผนการจัดการเรียนรู้ค่อนข้างมาก ครูควรแจ้งให้นักเรียนทราบและเตรียมพร้อมก่อนการจัดการเรียนรู้และควรตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนระหว่างการเรียนรู้ อีกทั้งเกณฑ์ในการให้คะแนนในบางกิจกรรมยังไม่ชัดเจน อาจทำให้นักเรียนทำกิจกรรมได้ล่าช้าและครูต้องตอบคำถามหลายจุด จากนั้นปรับตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิและนำไปทดลองใช้ก่อนนำไปใช้จริง

7. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขไปใช้จัดการเรียนรู้

8. บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้เพื่อนำผลที่ได้จากการจัดการเรียนรู้มาวางแผนการจัดการเรียนรู้ในครั้งต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5.2.2 เกมการศึกษา

เกมการศึกษาที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นเกมกระดาน (Board game) ที่สร้างขึ้นจากเนื้อหาเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ซึ่งนักเรียนจะต้องแก้ปัญหาในสถานการณ์ของเกมที่กำลังเผชิญอยู่โดยเล่นตามกติกาและระยะเวลาที่กำหนด โดยมีขั้นตอนการออกแบบและสร้างเกมดังนี้

5.2.2.1 ศึกษาทฤษฎีและหลักการออกแบบเกมกระดานจากหนังสือ งานวิจัย และบทความต่าง ๆ

5.2.2.2 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) ในวิชาชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ และวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ เพื่อนำมาเชื่อมโยงกับการสร้างเกมให้เหมาะสมกับเนื้อหา ช่วงวัยของนักเรียน ดังแสดงในตารางที่ 13

5.2.2.3 ศึกษาเนื้อหาเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอจากหนังสือชีววิทยา เล่ม 2 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และหนังสือ campbell biology 11th edition จากนั้นวิเคราะห์เนื้อหาที่จะนำมาสร้างเกม โดยแบ่งเนื้อหาเป็น 4 ส่วน ตามหัวข้อ ดังนี้ 1) พันธุวิศวกรรมและการโคลนยีน 2) การหาขนาดของ DNA และการหาลำดับนิวคลีโอไทด์ 3) การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ 4) เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอกับความปลอดภัยทางชีวภาพและชีวจริยธรรม พร้อมทั้งระบุผลการเรียนรู้และกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้

5.2.2.4 ออกแบบเกมกระดาน โดยมีเรื่องราวในเกมที่เป็นสถานการณ์เกี่ยวข้องกับเนื้อหาเรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอตามที่กำหนดไว้และสอดคล้องกับสถานการณ์ในชีวิตจริง

5.2.2.5 ร่างแบบเกมที่จะสร้างโดยมีองค์ประกอบเกมและกลไกของเกมตรงตามเนื้อหาของบทเรียนและหลักการสร้างเกม

5.2.2.6 สร้างเกมกระดานตามแบบร่างและเนื้อหาที่กำหนด

5.2.2.7 นำเกมกระดานที่สร้างเสร็จแล้วให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบและปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5.2.2.8 นำเกมกระดานที่สร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญที่ประกอบด้วย 1) อาจารย์ภาคเทคโนโลยีการศึกษา คณะครุศาสตร์/ศึกษาศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน 2) อาจารย์สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะครุศาสตร์/ศึกษาศาสตร์ จำนวน 1 ท่านและ 3) ครูผู้สอนวิชาชีววิทยา ที่มีงานวิจัยตีพิมพ์เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้วิชาชีววิทยาในวารสารวิชาการอย่างน้อย 1 เรื่อง ในช่วงระยะเวลาไม่เกิน 5 ปี มีประสบการณ์ด้านการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานและการสืบสอบเป็นฐาน และมีประสบการณ์การสอนชีววิทยาไม่ต่ำกว่า 5 ปี จำนวน 1 ท่าน และปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา โดยพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้องที่อยู่ในช่วง .50-1.00 โดยผู้ทรงคุณวุฒิแนะนำว่ารายละเอียดในบางกิจกรรมค่อนข้างมาก ควรปรับลดให้มีความเหมาะสมเนื่องจากนักเรียนไม่ชอบอ่านรายละเอียดที่มากเกินไป ควรมีตัวอย่างการนับคะแนนและควรทำใบกติกาแยกออกมาต่างหากเพื่อความชัดเจนในการตัดสินแพ้ชนะและสะดวกต่อการจัดการชั้นเรียน

และในบางเกมนักเรียนอาจให้ความสำคัญไปที่เรื่องราวของเกมมากกว่าเนื้อหา ซึ่งนักเรียนอาจปรับกลยุทธ์การเล่นเพื่อสะสมแต้มคะแนน โดยไม่ได้ให้ความสำคัญหรือรับรู้จุดประสงค์หลักของเกม จากนั้นปรับตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิก่อนนำไปทดลองใช้

5.2.2.9 นำเกมกระดานที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้ โดยทดลอง 1 ต่อ 1 กับนักเรียนที่ไม่ใช่ตัวอย่างจำนวน 3 คน และทดลองกับนักเรียนกลุ่มเล็กที่ไม่ใช่ตัวอย่างจำนวน 30 คน

5.2.2.10 ปรับปรุงแก้ไขเกมกระดาน โดยเกมที่ 1 COVID-19 ด่านที่ 1 สืบจากสายดีเอ็นเอ ผู้วิจัยลดทอนเนื้อหาในใบความรู้ให้สั้น กระชับ โดยให้มีเฉพาะใจความสำคัญ เนื่องจากพบว่านักเรียนใช้เวลาในการศึกษาเอกสารของเกมมากเกินกว่าที่กำหนดจึงทำให้การสืบสอบของนักเรียนบางกลุ่มล่าช้า ในเกมที่ 2 Hunting down a killer ผู้วิจัยปรับเนื้อหาของเกมให้มีการใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอในการสืบหาผู้ก่อเหตุมากขึ้นเนื่องจากพบว่านักเรียนบางส่วนสรุปโดยไม่อ้างอิงหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ และปรับกติกาการเล่นของเกมที่ 3 OMG-GMO ด่านที่ 1 วายร้าย GMO ให้นักเรียนเข้าใจวิธีการลงไพ่และการนับคะเนนได้ง่ายขึ้น เนื่องจากพบว่านักเรียนบางคนยังเกิดความสับสนกับการลงไพ่และนับคะแนนไม่ถูกต้อง อีกทั้งยังปรับกติกาการเล่นของเกมที่ 4 Emoji ให้นักเรียนสามารถแข่งขันกับเพื่อนต่างกลุ่มได้ เนื่องจากพบว่าการโต้แย้งกับเพื่อนต่างกลุ่มจะทำให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลและใช้หลักฐานในการลงข้อสรุปได้มากขึ้น จากนั้นนำเกมกระดานที่ปรับปรุงไปใช้จัดการเรียนรู้จริง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 13 วิเคราะห์หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) วิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

สาระชีววิทยา ข้อที่ 2

เข้าใจการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซม สมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม การเกิดมิวเทชัน เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ หลักฐานข้อมูลและแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก การเกิดสปีชีส์ใหม่ ความหลากหลายทางชีวภาพ กำเนิดของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต และอนุกรมวิธาน รวมทั้งนำความรู้ ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางฯ	พฤติกรรมการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้		หัวข้อที่จัดการเรียนรู้และลักษณะเนื้อหา	รายละเอียดเกม
	ด้านพุทธิพิสัย	ด้านทักษะพิสัย		
อธิบายหลักการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมโดยใช้ดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์	อธิบายหลักการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมโดยใช้ดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ได้	-	**หัวข้อ : พันธุวิศวกรรมและการโคลนยีน (5 คาบ)** เนื้อหามีลักษณะเป็นนามธรรมสูง เนื่องจากการสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์มีขนาดเล็กและไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า การตัดต่อต้องทำโดยใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง อีกทั้งยังเป็นสิ่งที่ยากต่อการจินตนาการว่าการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมโดยใช้ดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์นั้นทำได้อย่างไร ซึ่งเป็นเรื่องที่ยากต่อการเข้าใจ (Gul & Sozbilir, 2016) จากลักษณะของเนื้อหาที่เป็นนามธรรม เหมาะสมกับเกมประเภทเกมผจญภัย (Adventure Game), เกมกระดาน (Board game) และเกมบทบาทสมมติ	**เกมที่ 1 ชื่อเกม COVID-19** **- ประเภทของเกม** : เกมกระดาน **- รายละเอียด** : นักเรียนจะได้รับบทบาทสมมติเป็นนักพันธุวิศวกรรมที่มีหน้าที่ตัดต่อพันธุกรรมเพื่อผลิตเซรุ่มต้านไวรัสโควิด-19 (COVID-19) ที่กำลังระบาดทั่วโลก ในปี ค.ศ. 2019 โดยใช้วิธีการตัดต่อพันธุกรรม ซึ่งนักเรียนต้องค้นหายีนจากสิ่งมีชีวิตที่นักวิทยาศาสตร์คาดว่าสามารถต้านไวรัสได้ เมื่อพบแล้วนักเรียนจะต้องตัดยีนนั้นไปสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ โดยเลือกใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะให้มีความเหมาะสมกับลำดับเบสของยีนต้านไวรัสและลำดับเบสบนดีเป็นเอพาหะ เพื่อสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ และนำไป

ผลการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางฯ	พฤติกรรมการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้		หัวข้อที่จัดการเรียนรู้และลักษณะเนื้อหา	รายละเอียดเกม
	ด้านพุทธิพิสัย	ด้านทักษะพิสัย		
			(Role-Play Game) (Prensky, 2001)	ผลิตเซรุ่มให้กับผู้ป่วยเพื่อต้านเชื้อในทันที โดยเกมนี้จะมี 2 ด่าน คือ ด่านที่ 1 สืบจากสายดีเอ็นเอ ให้นักเรียนสืบสอบว่ายีนที่ต้านไวรัสโควิด 19 อยู่ในสิ่งมีชีวิตชนิดใด และเลือกเอนไซม์ตัดจำเพาะที่สามารถตัดยีนเป้าหมายและได้สายดีเอ็นเอที่สั้นที่สุดเพื่อนำไปโคลนเพิ่มจำนวน และด่านที่ 2 การโคลนยีน ประกอบด้วย ด่านที่ 2.1 การโคลนยีนด้วยพลาสมิดของแบคทีเรีย ด่านนี้นักเรียนจะนำลำดับเบสของดีเอ็นเอจากด่านที่ 1 มาเพิ่มจำนวน โดยใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะ ตัดที่บริเวณจดจำบนพลาสมิดของแบคทีเรียและเชื่อมสายดีเอ็นเอทั้งสองสายเข้าด้วยกัน ด่านที่ 2.2 การโคลนยีนโดยใช้เทคนิค PCR ด่านนี้นักเรียนจะนำชิ้นส่วนดีเอ็นเอจากด่านที่ 1 มาโคลนยีนโดยใช้เทคนิค PCR ซึ่งเป็นการเพิ่มปริมาณสารพันธุกรรมนอกเซลล์ของสิ่งมีชีวิต เมื่อนักเรียนเล่นเกมด่านที่ 2 จบลงแล้ว ให้ตัดสินใจว่าจะใช้การโคลนแบบใดในการเพิ่มจำนวนยีนเป้าหมายเพื่อสร้างเซรุ่มกำจัดไวรัสโควิด-19 ต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางฯ	พฤติกรรมการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้		หัวข้อที่จัดการเรียนรู้และลักษณะเนื้อหา	รายละเอียดเกม
	ด้านพุทธิพิสัย	ด้านทักษะพิสัย		
				- **เหตุผลในการเลือกใช้เกมประเภทนี้** : เพื่อให้นักเรียนได้เห็นภาพของการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมโดยใช้ดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ได้ชัดเจน ด้วยการลงมือปฏิบัติทั้งจากการสืบสอบขณะเล่นเกมและการทดลองตัดกระดาษแทนการตัดต่อยีนของสิ่งมีชีวิต ซึ่งจะทำให้นักเรียนได้เรียนรู้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์และได้ฝึกการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จากการแก้ปัญหาในสถานการณ์ของเกม
			หัวข้อ : การหาขนาดของ DNA และการหาลำดับนิวคลีโอไทด์ (1 คาบ) เนื้อหามีลักษณะเป็นนามธรรมสูง เป็นสิ่งที่ยากจะพบเห็นโดยทั่วไป ซึ่งการหาขนาดของ DNA ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจะใช้เทคนิคเจลอิเล็กโทรฟอรีซิส ส่วนการลำดับนิวคลีโอไทด์ทำได้โดยใช้เครื่องหาลำดับนิวคลีโอไทด์อัตโนมัติซึ่งไม่พบในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ของโรงเรียนระดับมัธยมศึกษา ทำให้ยาก	**เกมที่ 2 ชื่อเกม : Hunting down a killer** - ประเภทของเกม : เกมกระดาน **- รายละเอียด** : นักเรียนได้รับบทบาทสมมติเป็นนักนิติวิทยาศาสตร์ที่มีหน้าที่ในการตรวจหลักฐานทางพันธุกรรมโดยใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอเพื่อช่วยตำรวจในการคลี่คลายคดีการเสียชีวิตปริศนาของนางสมใจ ยำสามกรอบ ที่ประกอบอาชีพพี่เลี้ยงเด็กในหมู่บ้านแห่งหนึ่ง โดยเล่าเรื่องผ่านเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในหนึ่งวันของนางสมใจ และให้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ผลการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางฯ	พฤติกรรมการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้		หัวข้อที่จัดการเรียนรู้และลักษณะเนื้อหา	รายละเอียดเกม
	ด้านพุทธิพิสัย	ด้านทักษะพิสัย		
			ต่อการจินตนาการและการทำความเข้าใจของนักเรียน (Gul & Sozbilir, 2016) จากลักษณะของเนื้อหาที่เป็นนามธรรม เหมาะสมกับเกมประเภทเกมผจญภัย (Adventure Game), เกมกระดาน (Board game) และเกมบทบาทสมมติ (Role-Play Game) (Prensky, 2001)	นักเรียนพยากรณ์ว่าใครเป็นผู้ก่อเหตุ ก่อเหตุด้วยวิธีการใด มีเหตุจูงใจใดในการก่อเหตุ ซึ่งต้องใช้หลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์ในการตรวจสอบและยืนยันตัวผู้ก่อเหตุ โดยเกมนี้จะใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ คำให้การของพยาน การหาขนาดของ DNA โดยเทคนิคเจลอิเล็กโทรฟอรีซิสและการหาลำดับนิวคลีโอไทด์ในการไขคดี
				- **เหตุผลในการเลือกใช้เกมประเภทนี้** : เนื่องจากเนื้อหามีลักษณะเป็นนามธรรม ทำให้นักเรียนจินตนาการได้ยาก จึงใช้เกมกระดานที่จำลองภาพเหตุการณ์ผ่านภาพในเกม อีกทั้งการได้สืบสอบจากเรื่องราวของเกมที่อยู่บนไพ่และเอกสารประกอบเกมจะทำให้นักเรียนลำดับขั้นตอนการหาขนาดของ DNA โดยเทคนิคเจลอิเล็กโทรฟอรีซิสและการหาลำดับนิวคลีโอไทด์เพื่อตรวจพิสูจน์ทางวิทยาศาสตร์ได้ง่ายขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้นักเรียนมีแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์และสามารถให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์โดยใช้หลักฐานได้อย่างสมเหตุสมผล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางฯ	พฤติกรรมการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้		หัวข้อที่จัดการเรียนรู้และลักษณะเนื้อหา	รายละเอียดเกม
	ด้านพุทธิพิสัย	ด้านทักษะพิสัย		
สืบค้นข้อมูล ยกตัวอย่าง และอภิปรายการนำเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอไปประยุกต์ใช้ทั้งในด้านสิ่งแวดล้อม นิติวิทยาศาสตร์ การแพทย์ การเกษตร และอุตสาหกรรม และข้อควรคำนึงถึงด้านชีวจริยธรรม	ยกตัวอย่างและอภิปรายการนำเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอไปประยุกต์ใช้ทั้งในด้านสิ่งแวดล้อม นิติวิทยาศาสตร์ การแพทย์ การเกษตรและอุตสาหกรรม และข้อควรคำนึงถึงด้านชีวจริยธรรมได้	สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการนำเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอไปประยุกต์ใช้ทั้งในด้านสิ่งแวดล้อม นิติวิทยาศาสตร์ การแพทย์ การเกษตรและอุตสาหกรรม และข้อควรคำนึงถึงด้านชีวจริยธรรม	**หัวข้อ : การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ (4 คาบ)** เนื้อหามีลักษณะเป็นนามธรรม ซึ่งเกี่ยวข้องกับการนำเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน ด้านต่าง ๆ เช่น การแพทย์ การเกษตร อุตสาหกรรม เป็นต้น ซึ่งนักเรียนต้องใช้จินตนาการเพื่อให้เข้าใจว่าชิ้นส่วนของยีนเป้าหมายจากสิ่งมีชีวิตหนึ่งจะถูกนำไปใส่ในอีกสิ่งมีชีวิตหนึ่งเมื่อเกิดกระบวนการคัดลอกและแปรรหัสพันธุกรรม จะทำให้ได้สิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะผสมผสานระหว่างลักษณะเดิมและลักษณะที่แสดงออกจากยีนเป้าหมายที่นำมาตัดต่อใส่เข้าไปในสิ่งมีชีวิต รวมถึงการนำสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมนั้นไปใช้ประโยชน์ จากลักษณะของเนื้อหาที่เป็นนามธรรม เหมาะสมกับเกมประเภทเกมผจญภัย (Adventure Game), เกมกระดาน (Board game) และเกมบทบาทสมมติ (Role-Play Game) (Prensky, 2001)	**เกมที่ 3 ชื่อเกม : OMG-GMO** **- ประเภทของเกม** : เกมกระดาน **- รายละเอียด** : นักเรียนได้รับบทบาทสมมติเป็นผู้มีพลังวิเศษที่ประกอบอาชีพ 4 อาชีพ คือ 1) เกษตรกร 2) เจ้าของโรงงานอุตสาหกรรม 3) แพทย์ และ 4) นักนิติวิทยาศาสตร์ โดยมีภารกิจคือปกป้องโลกจากสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมที่หลุดออกมาจากห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์และทำลายพิมพ์ดีเอ็นเอของสัตว์ประหลาดที่กลายพันธุ์บันทึกลงไปในตำราประจำตระกูล ซึ่งเกมนี้มี 2 ด่าน คือ ด่านที่ 1 วายร้าย GMO นักเรียนจะได้รับภารกิจ ให้เก็บสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมที่หลุดออกมาจากห้องปฏิบัติการ โดยการจับคู่ไพ่ 2 ใบ ที่มียีนของสิ่งมีชีวิตสองชนิดเข้าไปในกล่องของตนเอง ซึ่งต้องเปรียบเทียบยีนของสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมให้ตรงกับยีนของสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในตำราประจำตระกูลทุกยีนจึงจะสามารถเก็บสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมนั้นเข้ากล่องได้ เมื่อเก็บลงกล่องแล้วจะได้รับคะแนนตามที่กำหนด เกมนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย CHULALONGKORN UNIVERSITY

ผลการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางฯ	พฤติกรรมการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้		หัวข้อที่จัดการเรียนรู้และลักษณะเนื้อหา	รายละเอียดเกม
	ด้านพุทธิพิสัย	ด้านทักษะพิสัย		
				นักเรียนต้องใช้กลยุทธ์ในการลงไพ่และวางแผนการเล่น ให้สามารถเก็บสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมเข้ากล่องให้ได้มากที่สุดในเวลาที่กำหนด ด่านที่ 2 OMG ตัวนี้จับอย่างไร ด่านนี้จะเป็นเหตุการณ์ต่อเนื่องจากด่านแรก เรื่องราวของเกมจะนำพานักเรียนไปพบกับสัตว์ประหลาดที่กลายพันธุ์จากการทดลองเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนต้องหาวิธีการกำจัดสัตว์ประหลาดดังกล่าว โดยศึกษายีนที่อยู่ในตัวสัตว์ประหลาดเปรียบเทียบกับข้อมูลในตำราประจำตระกูลและจับสัตว์ประหลาดเข้ากล่องดังเช่นด่านแรก จากนั้นทำลายพิมพ์ดีเอ็นเอของสัตว์ประหลาดและบันทึกลงในตำราประจำตระกูลเพื่อส่งต่อให้กับรุ่นลูกหลานต่อไป **- เหตุผลในการเลือกใช้เกมประเภทนี้** : เนื่องจากเนื้อหาการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอมีความหลากหลายทั้งด้านการแพทย์ การเกษตร และอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นสิ่งที่นักเรียนต้องใช้จินตนาการจากยีนที่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ผลการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางฯ	พฤติกรรมการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้		หัวข้อที่จัดการเรียนรู้และลักษณะเนื้อหา	รายละเอียดเกม
	ด้านพุทธิพิสัย	ด้านทักษะพิสัย		
				เป็นนามธรรมสู่สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมที่เป็นรูปธรรม การใช้เกมกระดานจะทำให้นักเรียนมีเวลาในการคิดใคร่ครวญและสังเกตผลของการใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอในหลายแง่มุมพร้อมกันได้ในระยะเวลาสั้น ๆ
			หัวข้อ : เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอกับความปลอดภัยทางชีวภาพและชีวจริยธรรม (2 คาบ) เนื้อหาเป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอในด้านต่าง ๆ เช่น การแพทย์ การเกษตร อุตสาหกรรม เป็นต้น โดยจะมีทั้งผลดีและความกังวลในการใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ซึ่งเป็นสิ่งที่เกี่ยวข้องกับความรู้สึกภายในจิตใจที่ต้องฝึกให้นักเรียนเข้าใจหลักของชีวจริยธรรม ที่มีทั้งผลดีและผลเสีย โดยการเลือกใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นในปัจจุบัน ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมและบริบทของผู้ใช้ ซึ่งในบางเรื่องก็ยังเป็นประเด็นทางสังคมที่ยังไม่มีข้อสรุปที่แน่ชัด เช่น การบริโภคสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม การคัดเลือกตัวอ่อนของสัตว์ เป็นต้น โดยข้อมูลที่	**- เกมที่ 4 ชื่อเกม : Emoji** **- ประเภทของเกม** : เกมกระดาน **- รายละเอียด** : เกมนี้นักเรียนจะได้รับบทบาทสมมติ เป็นคณะกรรมการโครงการวิจัยและพัฒนาสิ่งมีชีวิตด้วยเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ที่มีหน้าที่ตัดสินใจในการเลือกใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอแก้ปัญหาจากสถานการณ์ต่าง ๆ เช่น สถานการณ์ที่เป็นปัญหา : วัชพืชขึ้นปกคลุมผิวน้ำในลำคลองจำนวนมาก การใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอในการแก้ปัญหา : ตัดต่อยีนเพิ่มความหิวเข้ากับหอยเชอรี่เพื่อควบคุมวัชพืช เป็นต้น ซึ่งนักเรียนต้องพิจารณาใน 5 ประเด็น คือ 1) ความก้าวหน้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ผลการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางฯ	พฤติกรรมการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้		หัวข้อที่จัดการเรียนรู้และลักษณะเนื้อหา	รายละเอียดเกม
	ด้านพุทธิพิสัย	ด้านทักษะพิสัย		
			เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอเป็นเพียงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่นำเสนอแง่มุมต่าง ๆ เพื่อประกอบการตัดสินใจของผู้ใช้ จากลักษณะของเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับชีวจริยธรรม ซึ่งเป็นสิ่งที่อยู่ภายในจิตใจของมนุษย์ จึงเหมาะสมกับเกมประเภท เกมกระดาน (Board game) หรือเกมบทบาทสมมติ (Role-Play Game) (Prensky, 2001) เนื่องจากนักเรียนจะได้ทำความเข้าใจอย่างใคร่ครวญจากสถานการณ์ที่สอดคล้องกับสิ่งที่พบในชีวิตประจำวันและได้ทดลองตัดสินใจในสถานการณ์ต่าง ๆ ตลอดจนประเมินผลดี ผลเสียที่เกิดขึ้นก่อนลงข้อสรุป	ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2) ประโยชน์ที่เกิดขึ้นกับสัตว์และมนุษย์ 3) ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับสัตว์และมนุษย์ 4) ชีวจริยธรรมและความปลอดภัยและ 5) มุมมองทางสังคม จากนั้นลงไพ่ที่ตรงกับความรู้สึกของตนเองบนกระดานเกม โดยกระดานเกมจะมีรูปหน้าคนที่แสดงความรู้สึกต่าง ๆ และระบุคะแนนไว้ เช่น หน้ายิ้ม ระบุคะแนน +3 คะแนน, หน้าเศร้าระบุคะแนน -3 คะแนน เมื่อนักเรียนลงไพ่พร้อมกันแล้วได้คะแนนรวมที่มีค่าเป็น + นักเรียนที่ลงไพ่ในฝั่ง + ก็จะได้คะแนนตามที่ระบุไว้ ส่วนนักเรียนที่ลงไพ่ในฝั่งลบจะถูกหักคะเนนตามที่ระบุไว้เช่นกัน โดยนักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูลก่อนตัดสินใจลงไพ่ และโต้แย้งกันเมื่อผลการลงไพ่ไม่เป็นไปตามที่นักเรียนคาดคะเนหรือขัดแย้งกับข้อมูลที่สืบค้น ซึ่งสามารถอภิปรายเพิ่มเติมเพื่อให้เกิดข้อสรุปที่ถูกต้องและน่าเชื่อถือ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ผลการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางฯ	พฤติกรรมการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้		หัวข้อที่จัดการเรียนรู้และลักษณะเนื้อหา	รายละเอียดเกม
	ด้านพุทธิพิสัย	ด้านทักษะพิสัย		
				- เหตุผลในการเลือกใช้เกมประเภทนี้ : การใช้เกมกระดานที่มีการลงไพ่ตรงกับความรู้สึกภายในจิตใจของนักเรียนแต่ละคน จะทำให้นักเรียนเห็นว่าเพื่อนที่ร่วมเล่นมีความรู้สึกอย่างไรในเชิงปริมาณ โดยจะสะท้อนถึงกระบวนการคิด การให้เหตุผลและการตัดสินใจที่มีต่อสถานการณ์นั้น ๆ ได้อย่างตรงไปตรงมา ซึ่งสอดคล้องกับเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับจริยธรรมภายในจิตใจมนุษย์ อีกทั้งนักเรียนยังสามารถสืบค้นข้อมูลก่อนที่จะตัดสินใจลงไพ่และเมื่อลงไพ่แล้วได้ผลที่ไม่เป็นไปตามที่นักเรียนคาดคะเนหรือขัดแย้งกับข้อมูลที่สืบค้น นักเรียนสามารถอภิปรายร่วมกันเพื่อให้เกิดการโต้แย้งด้วยเหตุผลและได้ข้อสรุปที่ถูกต้องและน่าเชื่อถือ การใช้เกมกระดานในลักษณะนี้จึงมีความเหมาะสมกับการฝึกฝนนักเรียนในเรื่องคุณธรรมและจริยธรรม การเข้าใจผู้อื่นและเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

6. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้พัฒนาขึ้น และเก็บรวบรวมข้อมูลกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มทดลองด้วยตนเอง โดยมีลำดับดังนี้

6.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการทดลอง

6.1.1 ผู้วิจัยและหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ดำเนินการแนะนำรายวิชา ชี้แจงจุดประสงค์การเรียนรู้ บทบาทของนักเรียน บทบาทครู ในการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน

6.1.2 วัดความสามามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยให้ทำแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ฉบับก่อนเรียนที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น จากนั้นดำเนินการตรวจแบบวัด หาค่าคะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

6.1.3 สัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการรายบุคคล ผู้วิจัยจะให้นักเรียนตอบคำถามเพิ่มเติมต่างหาก ภายหลังจากตรวจแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน ในกรณีที่พบว่านักเรียนเขียนอธิบายและสะท้อนความคิดที่แสดงถึงการมีความสามารถมารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ โดยใช้เวลาในการตอบคำถามครั้งละไม่เกิน 10 นาที หรือตามความต้องการของนักเรียน ซึ่งจะใช้เวลาว่างของนักเรียนโดยไม่รบกวนเวลาเรียนในชั้นเรียน และไม่บันทึกเสียงสัมภาษณ์ โดยผู้วิจัยจะจดคำสำคัญเพื่อช่วยจำระหว่างการสัมภาษณ์ เมื่อจบการสัมภาษณ์ผู้วิจัยจึงจะนำข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์มาจดบันทึกรายละเอียด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6.2 การดำเนินการทดลอง

6.2.1 ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน จำนวน 4 แผน จำนวน 12 คาบเรียน คาบเรียนละ 55 นาที จัดการเรียนรู้ 3 คาบ/สัปดาห์ เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

6.2.2 สัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการรายบุคคล ภายหลังจากการตรวจบันทึกการเรียนรู้ ใน 2 กรณี คือ 1. เมื่อพบว่านักเรียนเขียนอธิบายและสะท้อนความคิดจากประสบการณ์ที่ได้จากการเรียนรู้โดยแสดงถึงการมีความสามารถมารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ 2. เมื่อพบว่านักเรียนมีข้อสงสัยหรือไม่เข้าใจในเนื้อหา โดยใช้เวลาในการตอบคำถามครั้งละไม่เกิน 10 นาที หรือตามความต้องการของนักเรียน ซึ่งจะใช้เวลาว่างของนักเรียนโดยไม่รบกวนเวลาเรียนใน

ชั้นเรียน และไม่บันทึกเสียงสัมภาษณ์ โดยผู้วิจัยจะจดคำสำคัญเพื่อช่วยจำระหว่างการสัมภาษณ์ เมื่อจบการสัมภาษณ์ผู้วิจัยจึงจะนำข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์มาจดบันทึกรายละเอียด

6.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการทดลอง

หลังจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานที่กำหนดไว้ ผู้วิจัยดำเนินการ ดังนี้

6.3.1 วัดความสามามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยให้ทำแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ฉบับหลังเรียนที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ซึ่งเป็นแบบคู่ขนานกับแบบวัดก่อนเรียน จากนั้นดำเนินการตรวจแบบวัด หาค่าคะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

6.3.2 สัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการรายบุคคล ผู้วิจัยจะให้นักเรียนตอบคำถามเพิ่มเติมต่างหาก ภายหลังจากตรวจแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียน ในกรณีที่พบว่านักเรียนเขียนอธิบายและสะท้อนความคิดที่แสดงถึงการมีความสามารถมารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ โดยใช้เวลาในการตอบคำถามครั้งละไม่เกิน 10 นาที หรือตามความต้องการของนักเรียน ซึ่งจะใช้เวลาว่างของนักเรียนโดยไม่รบกวนเวลาเรียนในชั้นเรียน และไม่บันทึกเสียงสัมภาษณ์ โดยผู้วิจัยจะจดคำสำคัญเพื่อช่วยจำระหว่างการสัมภาษณ์ เมื่อจบการสัมภาษณ์ผู้วิจัยจึงจะนำข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์มาจดบันทึกรายละเอียด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

7. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยแบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย โดยกำหนดเลขที่นักเรียน แทนการระบุตัวตนของนักเรียน และดำเนินการดังนี้

7.1 วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ

ผู้วิจัยนำคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มาหาค่าคะแนนเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนของตัวอย่างด้วยสถิติทดสอบค่าที (t-test dependent) และนำบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียนหลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้ใน 2 ระยะ คือ ระยะแรกสัปดาห์ที่ 1-2 จำนวน 6 คาบ และระยะหลังสัปดาห์ที่ 3-4 จำนวน 6 คาบ มาวิเคราะห์ความสอดคล้องกับพฤติกรรมบ่งชี้ในองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และจัดระดับความสามารถในการ

ให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเป็น 3 ระดับ คือ ระดับต่ำ ระดับกลางและระดับสูง โดยใช้เกณฑ์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นจาก Lawson (2009) และนำเสนอในรูปร้อยละ

7.2 วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

ผู้วิจัยวิเคราะห์เนื้อหาในบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียนหลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้ใน 2 ระยะ คือ ระยะแรกสัปดาห์ที่ 1-2 จำนวน 6 คาบ และระยะหลังสัปดาห์ที่ 3-4 จำนวน 6 คาบ ร่วมกับข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ จากนั้นนำเสนอในรูปแบบความเรียงที่แสดงถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนด้วยสถิติทดสอบค่าที (t-test dependent) และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) จากบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียนหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ใน 2 ระยะ คือ ระยะแรกสัปดาห์ที่ 1-2 จำนวน 6 คาบ และระยะหลังสัปดาห์ที่ 3-4 จำนวน 6 คาบ เพื่ออธิบายการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน

ตอนที่ 2 ผลการศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน

ตอนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน

ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียน ($\bar{X}$=29.65, *SD*=5.47) สูงกว่าก่อนเรียน ($\bar{X}$=19.08, *SD*=4.97) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงดังตารางที่ 14

เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จำแนกตามองค์ประกอบระหว่างก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานพบว่า องค์ประกอบของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 องค์ประกอบ ได้แก่ 1. การพิจารณาและใช้หลักฐาน 2. การพยากรณ์ 3. การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานเพื่อนำไปสู่การสร้างข้อสรุป 4. การสร้างข้อสรุป นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนในทุกองค์ประกอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) การพิจารณาและใช้หลักฐาน มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนก่อนเรียนเป็น 4.40 และ 1.88 ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนหลังเรียนเป็น 6.23 และ 2.83 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีการเพิ่มขึ้นของค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 1.83 คะแนน

2) การพยากรณ์ มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนก่อนเรียนเป็น 3.73 และ 2.21 ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนหลังเรียนเป็น 6.10 และ 2.56 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีการเพิ่มขึ้นของค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 2.37 คะแนน

3) การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานเพื่อนำไปสู่การสร้างข้อสรุป มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนก่อนเรียนเป็น 4.75 และ 1.96 ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนหลังเรียน เป็น 7.95 และ 2.60 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีการเพิ่มขึ้นของค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 3.20 คะแนน

4) การสร้างข้อสรุป มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนก่อนเรียนเป็น 6.20 และ 2.33 ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนหลังเรียน เป็น 9.34 และ 2.65 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีการเพิ่มขึ้นของค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 3.14 คะแนน แสดงดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน

ความสามารถ ในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์	คะแนนเต็ม	ก่อนเรียน		หลังเรียน		*t*	*p*
		$\bar{X}$	*SD*	$\bar{X}$	*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. การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานเพื่อนำไปสู่การสร้างข้อสรุป	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*

* $p < .05$

จากการวิเคราะห์ข้อมูลตอนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน สรุปได้ว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานมีค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในทุกองค์ประกอบ ได้แก่ 1) การพิจารณาและใช้หลักฐาน 2) การพยากรณ์ 3) การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานเพื่อนำไปสู่การสร้างข้อสรุป 4) การสร้างข้อสรุป หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีคะแนนการเพิ่มขึ้นขององค์ประกอบที่ 3 การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานเพื่อนำไปสู่การสร้างข้อสรุปมากที่สุด รองลงมาคือองค์ประกอบที่ 4 การลงข้อสรุป องค์ประกอบที่ 2 การพยากรณ์และองค์ประกอบที่ 1 การพิจารณาและใช้หลักฐาน ตามลำดับ

ตอนที่ 2 ผลการศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน

ผู้วิจัยวิเคราะห์เนื้อหาจากการเขียนบันทึกการเรียนรู้ที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากข้อมูลใน 2 ช่วงเวลา คือ ระยะแรกสัปดาห์ที่ 1-2 จำนวน 6 คาบ และระยะหลังสัปดาห์ที่ 3-4 จำนวน 6 คาบ ร่วมกับข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ พบว่าในระยะแรก นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับต่ำ ระดับกลางและระดับสูง ร้อยละ 37.5, 60 และ 2.5 ตามลำดับ การจัดการเรียนรู้ในระยะหลังพบว่านักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับต่ำ ระดับกลางและระดับสูง ร้อยละ 22.5, 17.5 และ 60 ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในระยะแรกและระยะหลังในภาพรวม

ระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์	ระยะในการวิเคราะห์ข้อมูล			
	ระยะแรก		ระยะหลัง	
	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ต่ำ	15	37.5	9	22.5
กลาง	24	60	7	17.5
สูง	1	2.5	24	60

เมื่อวิเคราะห์ระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์รายบุคคลระหว่างระยะแรกและระยะหลัง พบว่านักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ แบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 เปลี่ยนแปลงความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สู่ระดับที่สูงขึ้น แบ่งออกได้เป็น

1.1 เปลี่ยนแปลงจากระดับ “ต่ำ” เป็นระดับ “กลาง” จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 10

1.2 เปลี่ยนแปลงจากระดับ “ต่ำ” เป็นระดับ “สูง” จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 7.5

1.3 เปลี่ยนแปลงจากระดับ “กลาง” เป็นระดับ “สูง” จำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 50

กลุ่มที่ 2 เปลี่ยนแปลงความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สู่ระดับที่ต่ำลง แบ่งออกได้เป็น

2.1 เปลี่ยนแปลงจากระดับ “กลาง” เป็นระดับ “ต่ำ” จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 2.5

กลุ่มที่ 3 ไม่มีการเปลี่ยนแปลงระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ แบ่งออกได้เป็น

3.1 ระยะแรกอยู่ในระดับ “ต่ำ” ระยะหลังอยู่ในระดับ “ต่ำ” จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 20

3.2 ระยะแรกอยู่ในระดับ “กลาง” ระยะหลังอยู่ในระดับ “กลาง” จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 7.5

3.3 ระยะแรกอยู่ในระดับ “สูง” ระยะหลังอยู่ในระดับ “สูง” จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 2.5 แสดงดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 การเปลี่ยนแปลงความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์รายบุคคล

ระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์		นักเรียนเลขที่	จำนวน (คน)	คิดเป็นร้อยละ
ระยะแรก	ระยะหลัง			
ต่ำ	ต่ำ	7,10,11,17,22,23,29,33	8	20
	กลาง	28,36,37,38	4	10
	สูง	12,18,35	3	7.5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

<table>
<tr><th colspan="2">ระดับความสามารถ
ในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์</th><th rowspan="2">นักเรียนเลขที่</th><th rowspan="2">จำนวน
(คน)</th><th rowspan="2">คิดเป็น
ร้อยละ</th></tr>
<tr><th>ระยะแรก</th><th>ระยะหลัง</th></tr>
<tr><td rowspan="3">กลาง</td><td>ต่ำ</td><td>32</td><td>1</td><td>2.5</td></tr>
<tr><td>กลาง</td><td>3,5,27</td><td>3</td><td>7.5</td></tr>
<tr><td>สูง</td><td>1,2,4,6,8,9,13,14,15,16,19,
20,21,24,25,26,30,31,34,39</td><td>20</td><td>50</td></tr>
<tr><td rowspan="3">สูง</td><td>ต่ำ</td><td>-</td><td>0</td><td>0</td></tr>
<tr><td>กลาง</td><td>-</td><td>0</td><td>0</td></tr>
<tr><td>สูง</td><td>40</td><td>1</td><td>2.5</td></tr>
</table>

ผู้วิจัยวิเคราะห์เนื้อหาในบันทึกการเรียนรู้และอธิบายแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ดังนี้

ตอนที่ 2.1 การพิจารณาและใช้หลักฐาน

จากการวิเคราะห์การเขียนบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน พบว่าในการจัดการเรียนรู้ระยะแรก นักเรียนส่วนใหญ่สามารถรวบรวมหลักฐานจากเกมได้ แต่ขาดการพิจารณาหลักฐานอย่างรอบคอบ เพื่อที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาตามสถานการณ์ของเกม โดยนักเรียนเขียนอธิบายเกี่ยวกับการรวบรวมหลักฐานได้บางส่วน เช่น นักเรียนบางส่วนเขียนบันทึกการเรียนรู้เกี่ยวกับการสืบหาผู้ก่อเหตุว่า การสืบหาผู้ก่อเหตุนั้นต้องเรียงลำดับเหตุการณ์ตามสถานการณ์ที่พบเพื่อใช้อ้างอิงสู่ข้อสรุปของกลุ่ม การจัดการเรียนรู้ระยะหลัง พบว่านักเรียนสามารถรวบรวมและพิจารณาหลักฐานที่พบจากเหตุการณ์ได้ดีขึ้น สามารถแยกส่วนของหลักฐานที่เป็นข้อเท็จจริงโดยใช้หลักการ ทฤษฎี กฎทางวิทยาศาสตร์ ทั้งยังแปลงข้อมูลที่นำเสนอในรูปแบบหนึ่งไปสู่รูปแบบอื่นได้ เช่น นักเรียนบางส่วนเขียนบันทึกการเรียนรู้เกี่ยวกับการจับสัตว์ประหลาดว่า ต้องค้นหายีนของสัตว์ประหลาดจากข้อมูลในเกมและนำมาหา STR ของแต่ละแอลลีลเพื่อใช้ในการสร้างลายพิมพ์ดีเอ็นเอและวาดรูปสัตว์ประหลาด ลงในตำราประจำตระกูล แสดงรายละเอียดการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบที่ 1 การพิจารณาและใช้หลักฐาน ได้ดังตัวอย่าง

ตัวอย่างที่ 1 การเปลี่ยนแปลงความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเลขที่ 6

ระยะแรก สัปดาห์ที่ 1-2

นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จัดอยู่ในระดับกลาง แสดงได้ดังตัวอย่างของบันทึกการเรียนรู้ ดังนี้

บันทึกการเรียนรู้ครั้งที่ 1 เกม COVID-19 ด่านที่ 1 สืบจากสายดีเอ็นเอ : “ ค้นพบยีนที่สามารถกำจัดไวรัสโควิด 19 ได้จากเกม และนำมาเปรียบเทียบกับยีนของลามะ พบว่ามีตำแหน่งที่ตรงกัน จึงเลือกที่จะนำมาสร้างเซรุ่มต่อต้านไวรัส *(การพิจารณาหลักฐานที่พบจากเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์)* ”

ระยะหลัง สัปดาห์ที่ 3-4

นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จัดอยู่ในระดับสูง แสดงได้ดังตัวอย่างของบันทึกการเรียนรู้ ดังนี้

บันทึกการเรียนรู้ครั้งที่ 6 เกม OMG-GMO ด่านที่ 2 OMG ตัวนี้จับอย่างไร : “ ผมได้รับบทบาทเป็นผู้สืบทอดพลังวิเศษจากตระกูลเกษตรา โดยด่านนี้มีสัตว์ประหลาดหลุดออกมาจากห้องแลป 1 ตัว และพวกเราต้องช่วยกันจับโดยการค้นหายีนของแต่ละตระกูลและนำมาเทียบกับยีนที่อยู่ในตัวสัตว์ประหลาดให้ตรงกันทั้งหมดจึงจะจับได้ กลุ่มผมช่วยกันหาและเอามาเทียบทีละยีน *(การพิจารณาหลักฐานที่พบจากเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์)* และต้องเล่นให้เร็วที่สุดเพราะเกมนี้เราเล่นแข่งกับเวลา เมื่อหายีนของสัตว์ประหลาดได้ครบแล้วเราก็จะต้องทำลายพิมพ์ดีเอ็นเอของสัตว์ประหลาด โดยหา STR ซึ่งต้องดูเบสทุกตำแหน่งให้ละเอียด และตัดลำดับเบสมาเทียบขนาดกับดีเอ็นเอมาตรฐานเพื่อทำเป็นลายพิมพ์ดีเอ็นเอและวาดใส่ลงไปในตำราประจำตระกูล ”

ตัวอย่างที่ 2 การเปลี่ยนแปลงความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเลขที่ 1

ระยะแรก สัปดาห์ที่ 1-2

นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จัดอยู่ในระดับกลาง แสดงได้ดังตัวอย่างของบันทึกการเรียนรู้ ดังนี้

บันทึกการเรียนรู้ครั้งที่ 2 เกม COVID-19 ด่าน 2.1 การโคลนยีนด้วยพลาสมิดของแบคทีเรีย : “ การเลือกใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะในการตัดต่อยีนนั้น ต้องดูบริเวณจดจำโดยสังเกตได้จากพาลินโดรม เมื่อกลุ่มผมเข้าใจหลักการจึงค้นหาลำดับเบสบนเส้นดีเอ็นเอและช่วยกันคิดว่าจะเลือกใช้เอนไซม์

ตัวไหนในการตัดแล้วได้ชิ้นส่วนของดีเอ็นเอลูกผสมสั้นที่สุด โดยกลุ่มผมพบว่าเอนไซม์ตัดจำเพาะตัวที่ 3 และ 4 ตัดแล้วได้เส้นดีเอ็นเอที่สั้นที่สุดจึงเลือกมาใช้ *(การพิจารณาหลักฐานที่พบจากเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์)* ”

ระยะหลัง สัปดาห์ที่ 3-4

นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จัดอยู่ในระดับสูง แสดงได้ดังตัวอย่างของบันทึกการเรียนรู้ ดังนี้

บันทึกการเรียนรู้ครั้งที่ 7 เกม Emoji : “ จริยธรรมในการใช้สิ่งมีชีวิต GMO นั้น แต่ละคนคิดไม่เหมือนกัน ผมเถียงกับเพื่อนเรื่องการยุติการตั้งครรภ์เมื่อลูกมีความผิดปกติกลุ่มอาการดาวน์-ซินโดรม ส่วนตัวคิดว่าไม่เห็นด้วย จึงนำเสนอเหตุผลด้านชีวจริยธรรมและความปลอดภัย ที่พบว่าการทำแท้งทำให้เกิดการติดเชื้อและภาวะเลือดออกรุนแรงซึ่งเป็นอันตรายต่อแม่ *(การระบุประจักษ์พยานและเหตุผล ในเรื่องที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์)* แต่ในความเป็นจริงนั้นผมรู้สึกสงสารเด็ก ซึ่งเพื่อนส่วนใหญ่ตัดสินใจกันว่าทำได้ ด้วยเหตุผลทางสังคมหลังจากเด็กเกิดมาแล้วเป็นภาระของพ่อแม่หรือถ้าเกิดมาในครอบครัวยากจนจะลำบากและทรมานกว่า จึงต้องยอมรับตามเสียงข้างมาก ซึ่งมันทำให้ในกลุ่มพบว่าจริยธรรมทางชีววิทยาต้องคิดอย่างรอบคอบก่อนตัดสินใจใช้และหาหลักฐานมายืนยันถึงข้อดี ข้อเสีย แค่หลักฐานจากเกมหรือความคิดเห็นคงไม่พอ เราจึงตกลงกันว่าจะหาข้อมูลเพิ่มเติมก่อนที่จะตัดสินใจว่าจะใช้ GMO นั้น ๆ หรือไม่ *(การประเมินผลการสำรวจตรวจสอบจากข้อมูลที่มากพอเพื่อสนับสนุนข้อสรุป)* และหลังจากลงไพ่แล้ว เพื่อนในกลุ่มก็จะมาคุยกันอีกทีว่าสมเหตุสมผลหรือไม่ ถ้ามีเสียงแตกก็จะหาข้อสรุปอีกครั้ง *(การพิจารณาหลักฐานที่พบจากเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์)* ”

ตอนที่ 2.2 การพยากรณ์

จากการวิเคราะห์การเขียนบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน พบว่าในการจัดการเรียนรู้ระยะแรกนักเรียนสามารถรวบรวมข้อมูลและหลักฐานเพื่อระบุการพยากรณ์ได้บางส่วน ซึ่งยังขาดข้อมูลที่ได้จากการสังเกตเหตุการณ์ที่พบในเกมอย่างครอบคลุมเพื่อนำมาประกอบการพยากรณ์ เช่น นักเรียนบางส่วนเขียนบันทึกการเรียนรู้ที่สะท้อนถึงการพยากรณ์ผู้ก่อเหตุว่า ป้าต้อยน่าจะเป็นผู้ก่อเหตุ เพราะพบรอยนิ้วมือในที่เกิดเหตุ การจัดการเรียนรู้ระยะหลัง พบว่านักเรียนสามารถระบุความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลที่เกิดขึ้นโดยใช้หลักฐานประกอบการอธิบาย รวมถึงพยากรณ์การเปลี่ยนแปลง

ในเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างสมเหตุสมผลมากขึ้น เช่น นักเรียนบางส่วนเขียนบันทึกการเรียนรู้เกี่ยวกับการพยากรณ์จำนวนเบสที่ซ้ำกันบน STR ว่า เมื่อพบลำดับเบสที่ซ้ำกัน 2 แบบ คือ 2 ซ้ำและ 4 ซ้ำ บน STR ของแอลลีลที่ยังไม่ทราบจำนวนซ้ำ ก็จะพยากรณ์ว่าจำนวนซ้ำของลำดับเบสจะมีลักษณะเช่นเดียวกันกับ STR ที่พบในคู่แอลลีลของโครโมโซมแท่งเดียวกัน แสดงรายละเอียดการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบที่ 2 การพยากรณ์ ได้ดังตัวอย่าง

ตัวอย่างที่ 1 การเปลี่ยนแปลงความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเลขที่ 16

ระยะแรก สัปดาห์ที่ 1-2

นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จัดอยู่ในระดับกลาง แสดงได้ดังตัวอย่างของบันทึกการเรียนรู้ ดังนี้

บันทึกการเรียนรู้ครั้งที่ 1 เกม COVID-19 ด่าน 1 สืบจากสายดีเอ็นเอ : “ เมื่อได้ข้อมูลยีนของใบยาสูบ ม้าและตัวลามะ ก็คาดเดากับเพื่อนว่าน่าจะเป็นม้าเพราะดูข้อมูลการใช้ประโยชน์จากม้าจากใบงานก็คิดว่าต้านไวรัสได้และเคยเรียนมาว่าม้าสร้างเซรุ่มแก้พิษงูได้น่าจะใช้สร้างเซรุ่มกำจัดไวรัสโควิด 19 ได้เหมือนกัน *(ระบุการคาดคะเนหรือพยากรณ์ผลที่จะเกิดจากการสังเกตเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์)* แต่พอค้นหายีนกลับเจอที่ตัวลามะ จากนั้นก็รีบนำไปตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ ”

ระยะหลัง สัปดาห์ที่ 3-4

นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จัดอยู่ในระดับสูง แสดงได้ดังตัวอย่างของบันทึกการเรียนรู้ ดังนี้

บันทึกการเรียนรู้ครั้งที่ 6 เกม OMG-GMO ด่านที่ 2 OMG ตัวนี้จับอย่างไร : “ เมื่อสังเกตลำดับเบสที่ซ้ำบน STR จากใบงานแล้ว จึงนำไปค้นหาในแอลลีลของโครโมโซมสัตว์ประหลาด และเจอว่าแอลลีลที่ 1 ในโครโมโซมคู่ที่ 2 มีลำดับเบสที่ซ้ำกัน 2 แบบ คือ 2 ซ้ำและ 4 ซ้ำ จึงปรึกษากับเพื่อนและลองเทียบลำดับเบสที่ซ้ำกับแอลลีลที่ 2 ของโครโมโซมเดียวกัน พบว่ามีการซ้ำของ GC ไปเรื่อย ๆ จึงคาดว่าแอลลีลที่ 1 ก็ต้องซ้ำจำนวน 2 เบสเหมือนกันเพราะเป็นโครโมโซมเดียวกัน เมื่อเอาไปสร้างลายพิมพ์ดีเอ็นเอของสัตว์ประหลาดแล้วก็ถูกต้อง *(ระบุการคาดคะเนหรือพยากรณ์ผลที่จะเกิดจากการสังเกตเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์)* ”

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวอย่างที่ 2 การเปลี่ยนแปลงความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเลขที่ 19

ระยะแรก สัปดาห์ที่ 1-2

นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จัดอยู่ในระดับกลาง แสดงได้ดังตัวอย่างของบันทึกการเรียนรู้ ดังนี้

บันทึกการเรียนรู้ครั้งที่ 1 เกม COVID-19 ด่าน 1 สืบจากสายดีเอ็นเอ : " ยีนที่พบไม่เป็นไปตามที่คาดเดา เพราะเดาว่าเป็นใบยาสูบเนื่องจากมีสรรพคุณในการกำจัดไวรัสได้และนิยมนำมาทำน้ำหมักฆ่าแมลงในสวน เมื่อพบยีนแล้วก็เปิดแผ่นดีเอ็นเอและเลือกใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะให้เหมาะสมเพื่อให้ได้ยีนที่ต้องการและเส้นดีเอ็นเอสั้นที่สุด ตอนแรกที่เพื่อนกลุ่มอื่นหาเจอแล้วแต่กลุ่มเรายังไม่เจอ ก็แอบคิดว่าน่าจะต้องมีสายที่สั้นกว่านั้น เพราะเจอตำแหน่งที่ใกล้กับยีนแล้ว 1 ตำแหน่ง ถ้าใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดอื่นที่ตัดได้ใกล้กับยีนอีกฝั่งหนึ่ง ก็น่าจะมีโอกาสได้สายที่สั้นได้ *(ระบุการคาดคะเนหรือพยากรณ์ผลที่จะเกิดจากการสังเกตเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์)* และกลุ่มเราก็หาสายได้สั้นที่สุดได้เป็นกล่มแรกและได้คะแนนบวกเพิ่ม ดีใจมากค่ะ "

ระยะหลัง สัปดาห์ที่ 3-4

นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จัดอยู่ในระดับสูง แสดงได้ดังตัวอย่างของบันทึกการเรียนรู้ ดังนี้

บันทึกการเรียนรู้ครั้งที่ 7 เกม Emoji : " หนูสังเกตจากที่เพื่อนลงไพ่สัก 4-5 ครั้ง แล้วก็พอจับทางได้ว่าทุกคนลงตามเกณฑ์ที่สมาชิกในกลุ่มกำหนดคือ ไม่เอนเอียง ก็เลยคาดเดาได้ว่าสถานการณ์จากที่เปิดไพ่นั้นจะเลือกข้างไหน เมื่อทดลองทำแล้วก็พบว่าเป็นจริงตามที่คาดคะเนโดยถ้าสถานการณ์นั้นไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งใดในโลกเลยก็จะเลือกฝั่งบวก ซึ่งทำให้ได้คะแนนเยอะพอสมควรเลยค่ะ *(ระบุการคาดคะเนหรือพยากรณ์ผลที่จะเกิดจากการสังเกตเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์)* แต่ถ้าดูแนวโน้มว่าเพื่อนโต้เถียงกันไปในแนวทางที่ไม่ตรงกับที่หนูคิดก็จะเลือกตามความคิดของตัวเองเพราะเกมนี้เป็น Emoji ไม่มีผิดไม่มีถูก "

ตอนที่ 2.3 การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานเพื่อนำไปสู่การสร้างข้อสรุป

จากการวิเคราะห์การเขียนบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน พบว่าในการจัดการเรียนรู้ระยะแรก นักเรียนสามารถอธิบายเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อสรุปของตนเองได้บางส่วน โดยยังขาดการ

วิเคราะห์หลักฐานร่วมกับหลักการ กฎ ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์เพื่อนำมาสร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผล เช่น นักเรียบางส่วนเขียนบันทึกการเรียนรู้เกี่ยวกับการสร้างดีเอ็นเอลูกผสมว่า การตัดชิ้นส่วนดีเอ็นเอต้องจดจำเอนไซม์ตัดจำเพาะและใช้ระยะห่างจากยีนเป้าหมายเป็นเกณฑ์จึงทำให้เลือกใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะได้ถูกต้องและตัดดีเอ็นเอได้ขนาดสั้นที่สุด การจัดการเรียนรู้ระยะหลังพบว่านักเรียนมีการวิเคราะห์หลักฐานและนำความรู้ที่เกี่ยวข้องกับหลักการ กฎ ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์มาสร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผลและเชื่อมโยงหลักฐานสู่การลงข้อสรุปได้ดีขึ้น เช่น นักเรียนบางส่วนเขียนบันทึกการเรียนรู้เกี่ยวกับลายพิมพ์ดีเอ็นเอว่า เกิดจากการนำดีเอ็นเอที่มีข้อมูลลำดับเบสในแต่ละซ้ำของ STR บนแอลลีลของแต่ละโครโมโซมมาเรียงกันและอธิบายว่าเพราะเหตุใดสัตว์ประหลาดจึงมีลายพิมพ์ดีเอ็นเอขนาดแตกต่างกัน ทั้งยังเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของจำนวนซ้ำของ STR กับขนาดและรูปแบบลายพิมพ์ดีเอ็นเอ ก่อนนำไปลงข้อสรุปเกี่ยวกับลายพิมพ์ดีเอ็นเอที่ค้นพบ แสดงรายละเอียดการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบที่ 3 การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานเพื่อนำไปสู่การสร้างข้อสรุป ได้ดังตัวอย่าง

ตัวอย่างที่ 1 การเปลี่ยนแปลงความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเลขที่ 25

ระยะแรก สัปดาห์ที่ 1-2

นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จัดอยู่ในระดับกลาง แสดงได้ดังตัวอย่างของบันทึกการเรียนรู้ ดังนี้

บันทึกการเรียนรู้ครั้งที่ 2 เกม COVID-19 ด่าน 2.1 การโคลนยีนด้วยพลาสมิดของแบคทีเรีย : “ สมาชิกในกลุ่มพูดคุยเกี่ยวกับตำแหน่งของเบสที่เป็นพาลินโดรมในการหาบริเวณจดจำของเอนไซม์ตัดจำเพาะและเปิดแผ่นป้ายดีเอ็นเอทีละแผ่น โดยสมาชิกจะค้นหาและร่วมกันอธิบายว่าชิ้นส่วนดีเอ็นเอนั้นมีบริเวณจดจำของเอนไซม์ตัดจำเพาะใดบ้าง จะเลือกใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดใดที่จะทำให้ได้สายดีเอ็นเอนที่มียีนที่ต้องการและเป็นสายที่สั้นที่สุดเพื่อนำไปต่อกับเวกเตอร์และสร้างดีเอ็นเอลูกผสม ”

จากการสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ ในประเด็นการเลือกเอนไซม์ตัดจำเพาะ นักเรียนอธิบายว่า การเลือกเอนไซม์ตัดจำเพาะนั้นต้องเข้าใจตำแหน่งของเบสที่เป็นพาลินโดรมก่อน จึงจะช่วยให้ค้นพบบริเวณจดจำได้เร็วขึ้น ซึ่งการตัดตำแหน่งที่ใกล้ยีนเป้าหมายที่สุดจะต้องตัดทั้งฝั่งซ้ายและขวา

ไม่จำเป็นต้องใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดเดียวกัน *(นำความรู้ที่เกี่ยวข้องกับหลักการ ทฤษฎี กฎ ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผล)* สมาชิกในกลุ่มช่วยกันจดจำตำแหน่งตัดจำเพาะของเอนไซม์แต่ละชนิด เมื่อได้ตำแหน่งตัดจำเพาะบนดีเอ็นเอแล้วก็จะมาตัดสินใจเลือกอีกครั้งโดยดูจากระยะห่างจากยีนเป้าหมายเป็นเกณฑ์ ซึ่งต้องรับฟังข้อเสนอจากสมาชิกทั้งกลุ่มร่วมกับหลักฐานเพื่อลงข้อสรุปกันว่าจะเลือกใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดใด ตัดบริเวณใดของดีเอ็นเอ และมีวิธีอื่นในการตัดชิ้นส่วนดีเอ็นเอให้สั้นที่สุดอีกหรือไม่ *(อธิบายเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างเพื่อนำไปสู่ข้อสรุป)* โดยนักเรียนอธิบายเพิ่มเติมว่ารู้สึกดีใจที่กลุ่มของตนเลือกเอนไซม์ตัดจำเพาะได้เหมาะสมทำให้ได้สายดีเอ็นเอลูกผสมที่สั้นที่สุด

ระยะหลัง สัปดาห์ที่ 3-4

นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จัดอยู่ในระดับสูง แสดงได้ดังตัวอย่างของบันทึกการเรียนรู้ ดังนี้

บันทึกการเรียนรู้ครั้งที่ 6 เกม OMG-GMO ด่านที่ 2 OMG ตัวนี้จับอย่างไร : “ สมาชิกช่วยกันหายีนของสัตว์ประหลาด เมื่อได้แล้วก็นำมาพูดคุยกันว่าควรจะศึกษาลายพิมพ์ดีเอ็นเออย่างไรต่อ โดยอ่านใบงาน STR และนำมาเปรียบเทียบกับขนาดของดีเอ็นเอมาตรฐาน โดยใส่ลงไปในช่องให้ตรงกันจึงจะได้ลายพิมพ์ดีเอ็นเอของสัตว์ประหลาดและตั้งชื่อสัตว์ประหลาด วาดรูปลายพิมพ์ดีเอ็นเอและเขียนอธิบายสรุปเกี่ยวกับสัตว์ประหลาดลงในสมุดประจำตระกูล *(ระบุ ใช้ และสร้างแบบจำลอง และนำเสนอข้อมูลเพื่อใช้ในการอธิบาย)* เพื่อให้รุ่นต่อไปมาศึกษาเมื่อสัตว์ประหลาดชนิดนี้บุกมาอีกครั้งก็จะได้กำจัดทันที ”

จากการสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ ในประเด็นการเขียนอธิบายสรุปเกี่ยวกับลายพิมพ์ดีเอ็นเอ นักเรียนอธิบายว่า ลายพิมพ์ดีเอ็นเอของสัตว์ประหลาดเกิดจากการค้นหาจำนวนซ้ำของ STR ในแต่ละแอลลีลที่อยู่บนโครโมโซมของสัตว์ประหลาด และนำมาเรียงตามขนาดให้ตรงกับขนาดของดีเอ็นเอมาตรฐาน ซึ่งจะได้เป็นแถบแนวตั้งและเป็นลักษณะที่พบได้เฉพาะสัตว์ประหลาดตัวนี้เท่านั้น อีกทั้งนักเรียนยังแสดงความรู้สึกดีใจที่สร้างลายพิมพ์ดีเอ็นเอของสัตว์ประหลาดได้โดยตั้งชื่อสัตว์ประหลาดว่า “ จีจี้มองบน ” *(นำความรู้ที่เกี่ยวข้องกับหลักการ ทฤษฎี กฎ ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผล)*

ตัวอย่างที่ 2 การเปลี่ยนแปลงความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเลขที่ 34

ระยะแรก สัปดาห์ที่ 1-2

นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จัดอยู่ในระดับกลาง แสดงได้ดังตัวอย่างของบันทึกการเรียนรู้ ดังนี้

บันทึกการเรียนรู้ครั้งที่ 1 เกม COVID-19 ด่านที่ 1 สืบจาสาย DNA : “ ตอนเริ่มเกมลืมดูว่าเอนไซม์ตัดจำเพาะต้องเรียงตัวแบบพาลินโดรมจึงทำให้หาบริเวณจดจำได้ช้า และกังวลว่าจะไม่ได้คะแนน แต่เมื่อเข้าใจเอนไซม์ตัดจำเพาะแล้วก็สามารถนำมาตัดตำแหน่งของดีเอ็นเอได้ โดยตัดที่บริเวณจดจำซึ่งจะทำให้ได้ปลายที่เป็นปลายเหนียวหรือปลายทู่แล้วแต่เอนไซม์ เมื่อตัดแล้วก็จะได้ดีเอ็นเอที่มียีนกำจัดไวรัสโควิด 19 *(นำความรู้ที่เกี่ยวข้องกับหลักการ ทฤษฎี กฎ ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผล) ”*

จากการสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ ในประเด็นที่นักเรียนขาดการพิจารณาเอนไซม์ตัดจำเพาะ นักเรียนอธิบายว่า ตอนเริ่มเกมใช้วิธีการจดจำลำดับเบสของเอนไซม์ตัดจำเพาะและเลือกตัดในตำแหน่งที่ไม่ใช่บริเวณจดจำ แต่เมื่อเข้าใจหลักการของเอนไซม์ตัดจำเพาะแล้ว จะเลือกใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะที่มีบริเวณจดจำตรงกับตำแหน่งของเบสที่มีการเรียงตัวแบบพาลินโดรมเท่านั้นซึ่งจะสามารถตัดสายดีเอ็นเอได้ และการเลือกตัดในเกมนี้จะเลือกจากแอนไซม์ตัดจำเพาะที่มีบริเวณจดจำอยู่ใกล้กับยีนที่ต้องการมากที่สุด *(นำความรู้ที่เกี่ยวข้องกับหลักการ ทฤษฎี กฎ ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผล)*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ระยะหลัง สัปดาห์ที่ 3-4

นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จัดอยู่ในระดับสูง แสดงได้ดังตัวอย่างของบันทึกการเรียนรู้ ดังนี้

บันทึกการเรียนรู้ครั้งที่ 6 เกม OMG-GMO ด่านที่ 2 OMG ตัวนี้จับอย่างไร : หลังจากหาจำนวน STR ที่อยู่บนแอลของโครโมโซมได้แล้ว นำ STR ไปเรียงบนใบกิจกรรมโดยเทียบกับขนาดดีเอ็นเอมาตรฐาน ก็จะได้ลายพิมพ์ดีเอ็นเอของสัตว์ประหลาดและนำไปเขียนอธิบายรายละเอียดลงในตำราประจำตะกูล โดยสัตว์ประหลาดของกลุ่มเราชื่อ “ น้องเฟอร์บี้ ” *(ระบุ ใช้ และสร้างแบบจำลองและนำเสนอข้อมูลเพื่อใช้ในการอธิบาย) ”*

จากการสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการในประเด็น การอธิบายรายละเอียดลายพิมพ์ดีเอ็นเอของสัตว์ประหลาด นักเรียนอธิบายว่าลายพิมพ์ดีเอ็นเอของสัตว์ประหลาด เกิดจากการนำหลักการทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับ STR และเจลอิเล็กโทรโฟรีซิสมาประยุกต์ใช้ โดยเมื่อค้นหาจำนวนซ้ำบน STR ของแต่ละแอลลีลแล้ว จะนำมาเรียงในใบกิจกรรมและเทียบขนาดกับดีเอ็นเอมาตรฐาน เมื่อได้ลายพิมพ์ดีเอ็นเอที่จำลองขึ้นแล้วก็จะนำไปเขียนรายละเอียดของสัตว์ประหลาดลงในตำราประจำตระกูล โดยระบุว่าสัตว์ประหลาดที่พบประกอบด้วยยีนชนิดใดบ้าง และมีลายพิมพ์ดีเอ็นเอเป็นอย่างไร *(ระบุ ใช้ และสร้างแบบจำลอง และนำเสนอข้อมูลเพื่อใช้ในการอธิบาย)* โดยระบุว่าสาเหตุที่ลายพิมพ์ดีเอ็นเอของสัตว์ประหลาดเรียงเป็นแถบดังที่แสดงในตำราประจำตระกูลเป็นเพราะว่าจำนวนซ้ำของ STR ในแต่ละแอลลีลไม่เท่ากัน ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของสัตว์ประหลาดตัวนี้ *(นำความรู้ที่เกี่ยวข้องกับหลักการ ทฤษฎี กฎ ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผล)*

ตอนที่ 2.4 การสร้างข้อสรุป

จากการวิเคราะห์การเขียนบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน พบว่าในการจัดการเรียนรู้ระยะแรก นักเรียนสามารถวิเคราะห์หลักฐาน แปลความหมายข้อมูลและสรุปได้บางส่วน โดยยังขาดการลงข้อสรุปที่ได้จากการสังเกตหลักฐานหรือความเข้าใจที่เกี่ยวกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ เช่น นักเรียนบางส่วนเขียนบันทึกการเรียนรู้เกี่ยวกับการวิเคราะห์หาผู้ก่อเหตุก่อนลงข้อสรุปว่า ช่วงต้นเกมมีความคิดว่าน้องน้ำฟ้าเป็นผู้ก่อเหตุ แต่เมื่อรวบรวมหลักฐานและช่วงเวลาของเหตุการณ์ ทำให้สรุปได้ว่าป้าต้อยเป็นผู้ก่อเหตุ การจัดการเรียนรู้ระยะหลังพบว่า นักเรียนสามารถลงข้อสรุปที่เที่ยงตรงจากการสังเกตหลักฐานที่พบได้อย่างสมเหตุสมผล ทั้งยังวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์สู่ข้อสรุปของตนได้ดีขึ้น เช่น นักเรียนบางส่วนเขียนบันทึกการเรียนรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอกับความปลอดภัยทางชีวภาพและชีวจริยธรรมว่า เมื่อลงไพ่แล้วมีความเห็นที่เท่ากันจะสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมจากหลายแหล่ง รวมทั้งข้อมูลการทดลองและงานวิจัย เพื่อนำมาวิเคราะห์และประเมินผลดี ผลเสียของเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอก่อนลงข้อสรุป แสดงรายละเอียดการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบที่ 4 การสร้างข้อสรุป ได้ดังตัวอย่าง

ตัวอย่างที่ 1 การเปลี่ยนแปลงความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเลขที่ 14

ระยะแรก สัปดาห์ที่ 1-2

นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จัดอยู่ในระดับกลาง แสดงได้ดังตัวอย่างของบันทึกการเรียนรู้ ดังนี้

บันทึกการเรียนรู้ครั้งที่ 4 เกม Hunting down a killer : " หลังจากฟังเรื่องราวของเกมก็รู้สึกสงสารน้องน้ำฟ้า เพราะส่วนตัวคิดว่าน้องพิการไม่น่าจะก่อเหตุได้ จึงต้องพิสูจน์เพื่อช่วยน้อง พอรวบรวมเหตุการณ์และหลักฐานทั้งหมดก็เชื่อมโยงกับเพื่อนในกลุ่มว่าเป็นป้าต้อยแน่ ๆ เพราะพบลายนิ้วมือบนไม้กอล์ฟและขวดเหล้าของผู้ตายและเป็นคนที่มีปากเสียงกับผู้ตายก่อนเกิดเหตุ *(ลงข้อสรุปเพื่อตอบคำถามหรือพิสูจน์สมมติฐาน และแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจเกี่ยวกับสาเหตุและผลที่เกิดขึ้น)* "

ระยะหลัง สัปดาห์ที่ 3-4

นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จัดอยู่ในระดับสูง แสดงได้ดังตัวอย่างของบันทึกการเรียนรู้ ดังนี้

บันทึกการเรียนรู้ครั้งที่ 6 เกม OMG-GMO ด่านที่ 2 OMG ตัวนี้จับอย่างไร : " การทำลายพิมพ์ดีเอ็นเอของสัตว์ประหลาดนั้น ทำได้โดยใช้ข้อมูลจาก STR นำมาเรียงตามขนาดจากเล็กไปใหญ่ จะทำให้ได้เป็นเส้นเรียงกันและเป็นลักษณะเฉพาะของสัตว์ประหลาดตัวนี้เท่านั้น *(ลงข้อสรุปที่เที่ยงตรงจากการสังเกต หลักฐาน และ/หรือความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์)* ซึ่งทำให้ได้รู้ว่า STR ที่มีจำนวนเบสซ้ำกันมาก ๆ จะมีขนาดใหญ่และเคลื่อนที่ช้าและอยู่ข้างล่าง พอนำมาเรียงตามขนาดก็จะได้ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ ซึ่งก่อนเล่นเกมเพื่อนในกลุ่มก็สงสัยกันว่าจะสร้างลายพิมพ์ดีเอ็นเอแบบที่พบในข่าวได้จริงหรอ เพราะต้องใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ แต่เกมนี้ใช้หลักการวิทยาศาสตร์มาสร้างทำให้สนุกและได้ความรู้ *(ลงข้อสรุปเพื่อตอบคำถามหรือพิสูจน์สมมติฐาน และแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจเกี่ยวกับสาเหตุและผลที่เกิดขึ้น)* "

ตัวอย่างที่ 2 การเปลี่ยนแปลงความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเลขที่ 30

ระยะแรก สัปดาห์ที่ 1-2

นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จัดอยู่ในระดับกลาง แสดงได้ดังตัวอย่างของบันทึกการเรียนรู้ ดังนี้

บันทึกการเรียนรู้ครั้งที่ 1 เกม COVID-19 ด่านที่ 1 สืบจากสาย DNA : " ค้นหายีนจากข้อมูลและพบว่าอยู่ที่ตัวลามะ พอได้แล้วก็เลือกเอนไซม์ตัดจำเพาะให้เหมาะสม ในกลุ่มเลือกเอนไซม์ตัวที่ 3 กับ 4 เพราะตัดแล้วได้ดีเอ็นเอสั้นที่สุด เมื่อเทียบกับเอนไซม์ตัวอื่นที่มี *(ลงข้อสรุปโดยใช้หลักฐานอย่างสมเหตุสมผล)* "

จากการสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ ในประเด็นการเลือกเอนไซม์ตัดจำเพาะ นักเรียนอธิบายว่าสาเหตุที่เลือกเอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดที่ 3 และ 4 มาตัดดีเอ็นเอเพื่อให้ได้ยีนเป้าหมายนั้นเป็นเพราะพบลำดับเบสที่เรียงตัวแบบพาลินโดรมใกล้กับยีนเป้าหมาย และตรงกับบริเวณจดจำของเอนไซม์ทั้งสองชนิด เมื่อเปรียบเทียบตำแหน่งภายหลังจากตัดด้วยเอนไซม์ทั้งสองชนิดแล้ว พบว่าได้สายดีเอ็นเอที่สั้นกว่าการตัดดีเอ็นเอโดยใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะคู่อื่น *(ลงข้อสรุปโดยใช้หลักฐานอย่างสมเหตุสมผล)*

ระยะหลัง สัปดาห์ที่ 3-4

นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จัดอยู่ในระดับสูง แสดงได้ดังตัวอย่างของบันทึกการเรียนรู้ ดังนี้

บันทึกการเรียนรู้ครั้งที่ 7 เกม Emoji : " ต้องวิเคราะห์ว่าไพ่ที่เราเปิดมีผลดี ผลเสีย หรือผลกระทบอะไรกับสิ่งแวดล้อมและหลักจริยธรรมหรือไม่ ตามหลักการของเทคโนโลยีดีเอ็นเอและยังเป็นการแฝงว่าเราจะเดาใจเพื่อนได้เก่งแค่ไหน ซึ่งในการสรุปว่าจะเลือกใช้หรือไม่ใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอจะต้องวิเคราะห์รอบด้าน คิดแบบหลายแง่มุม จากหลักฐานที่มีและบางข้อเราก็จะสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมก่อนจะลงไพ่กัน เมื่อคะแนนส่วนใหญ่เลือกอะไรก็จะมาคุยกันอีกทีว่าถูกต้องมากน้อยแค่ไหน โดยเราจะดูจากข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับผลดี ผลเสียของเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอแล้วจึงสรุปให้ถูกต้องที่สุด *(ลงข้อสรุปโดยใช้หลักฐานอย่างสมเหตุสมผลและลงข้อสรุปที่เที่ยงตรงจากการสังเกต หลักฐาน และ/หรือความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์)* "

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากการวิเคราะห์ข้อมูลตอนที่ 2 ผลการศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน สามารถสรุปได้ว่า

นักเรียนให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในระหว่างการจัดการเรียนรู้ได้เพิ่มมากขึ้น โดยเปลี่ยนแปลงความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จากระยะแรกที่อยู่ในระดับต่ำ ระดับกลาง และระดับสูง ร้อยละ 37.5, 60 และ 2.5 ตามลำดับ เป็นความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระยะหลังอยู่ในระดับต่ำ ระดับกลางและระดับสูง ร้อยละ 22.5, 17.5 และ 60 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์เนื้อหาพบว่านักเรียนเขียนบันทึกการเรียนรู้ระยะหลังได้สอดคล้องกับพฤติกรรมบ่งชี้ในแต่ละองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้นกว่าระยะแรก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย มีวัตถุประสงค์การวิจัยคือ 1) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน 2) เพื่อศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่เรียนวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม ในโรงเรียนมัธยมศึกษา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสิงห์บุรี อ่างทอง สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ โดยมีการเลือกตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง ได้เป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ที่เรียนรายวิชาชีววิทยา2 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 40 คน ในโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งในสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสิงห์บุรี อ่างทอง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย 1) แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 2) แบบบันทึกการสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ 3) บันทึกการเรียนรู้ และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้ที่จัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน 2) เกมการศึกษา วิเคราะห์ข้อมูลด้วยร้อยละ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติทดสอบค่าที (t-test dependent) และการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) ผู้วิจัยแสดงรายละเอียดสรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ ไว้ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานมีค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในทุกองค์ประกอบ ได้แก่ 1) การพิจารณาและใช้หลักฐาน 2) การพยากรณ์ 3) การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานเพื่อนำไปสู่การสร้างข้อสรุป 4) การสร้างข้อสรุป หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2) นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในระหว่างการจัดการเรียนรู้ได้เพิ่มมากขึ้น โดยเปลี่ยนแปลงความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จากระยะแรกที่อยู่ในระดับต่ำ ระดับกลางและระดับสูง ร้อยละ 37.5, 60 และ 2.5 ตามลำดับ เป็นความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระยะหลังอยู่ในระดับต่ำ ระดับกลางและระดับสูง ร้อยละ 22.5, 17.5 และ 60 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์เนื้อหาพบว่านักเรียนเขียนบันทึกการเรียนรู้ระยะหลังได้สอดคล้องกับพฤติกรรมบ่งชี้ในแต่ละองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้นกว่าระยะแรก

อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัย เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยแบ่งการอภิปรายผลออกเป็น 2 ประเด็นหลัก คือ 1. ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานที่ส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนและ 2. การเปลี่ยนแปลงความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1. ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานที่ส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน การจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้นักเรียนได้สืบสอบความรู้ร่วมกับการเล่นเกมอย่างสมดุล ซึ่งเป็นการผสมผสานระหว่างวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบ (Inquiry-Based learning) และการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน (Game-Based learning) ทำให้นักเรียนได้สืบสอบจากสถานการณ์ที่ชวนสงสัย ดึงดูดความสนใจและมีแรงจูงใจในการสืบสอบ อีกทั้งนักเรียนยังสามารถกำหนดคำถามที่ดีในการสืบสอบและนำไปสู่การสืบสอบแบบร่วมมือได้ การจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานนั้นประกอบด้วย 5 ขั้นตอน โดยมีรายละเอียดที่สามารถส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 นำเสนอสถานการณ์ เป็นการนำเสนอสถานการณ์ในชีวิตจริงที่เกี่ยวข้องกับเรื่องราวของเกม จากนั้นท้าทายนักเรียนด้วยปัญหาจากสถานการณ์ของเกม โดยการใช้คำถามปลายเปิดทำให้นักเรียนเกิดความสงสัยและพยายามที่จะค้นหาตำตอบ ซึ่งจะเป็นการเชื่อมต่อนักเรียนเข้ากับเกม ทั้งยังเป็นการค้นคืนความรู้เดิมเกี่ยวกับเนื้อหาที่กำลังจะได้เรียน โดยนักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมได้ ซึ่งในขั้นตอนนี้เป็นการเตรียมพร้อมนักเรียนก่อนการสืบสอบ เนื่องจากการที่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

นักเรียนมีความรู้ในเนื้อหาที่จะเรียนบ้าง จะทำให้นักเรียนกำหนดคำถามที่ดีเพื่อนำไปใช้ในการสืบสอบได้ (Herranen & Aksela, 2019) ส่งผลให้นักเรียนเกิดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบที่ 1 การพิจารณาและใช้หลักฐาน พฤติกรรมบ่งชี้ที่ 1 รวบรวมข้อมูลจากการสังเกตเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากนักเรียนจะต้องรวบรวมข้อมูลจากเรื่องราวของเกมและพิจารณาหลักฐานที่ได้จากการสืบค้นเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการสืบสอบจากเกม แสดงดังตัวอย่าง บันทึกการเรียนรู้ครั้งที่ 7 เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอกับความปลอดภัยทางชีวภาพและชีวจริยธรรม

" ตอนดูผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่มีส่วนผสมของข้าวโพด GMO แล้วพูดคุยกับเพื่อนว่าวันนี้จะเล่นเกมอะไร จึงลองสืบค้นพวก GMO ก็พบว่ามีทั้งข้อดีและข้อเสียบางคนที่แพ้อาหารก็จะกินไม่ได้ เกมนี้สมมติให้เป็นคณะกรรมการพิจารณาว่าให้ใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอแก้ปัญหาหรือไม่ และใช้เกณฑ์อะไรตัดสินว่าให้ใช้หรือไม่ให้ใช้เพราะอะไร จึงหาข้อมูลช่วยกันก่อนเริ่มเล่น "

นักเรียนเลขที่ 35

จากบันทึกการเรียนรู้พบว่านักเรียนมีการสังเกตส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารและเกิดความสงสัยจึงสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมและเมื่อได้รับบทบาทสมมติเป็นคณะกรรมการโครงการวิจัยและพัฒนาสิ่งมีชีวิตด้วยเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอแล้ว นักเรียนจึงสืบค้นข้อมูลร่วมกันเพื่อพิจารณาว่าการใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดมีความเหมาะสมเพียงใด จะอนุมัติให้ใช้หรือไม่ โดยใช้เกณฑ์ที่สร้างขึ้นจากการรวบรวมข้อมูลในการตัดสินใจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้นี้สอดคล้องกับ ทิศนา แขมมณี (2560) ที่กล่าวเกี่ยวกับการเรียนการสอนโดยเน้นกระบวนการสืบสอบไว้ว่า ผู้สอนต้องกระตุ้นให้นักเรียนเกิดคำถาม เกิดความคิดและลงมือแสวงหาความรู้ โดยสิ่งสำคัญที่จะทำให้นักเรียนเกิดความรู้สึกหรือความต้องการที่จะเสาะแสวงหาความรู้ก็คือปัญหา แต่ปัญหานั้นต้องมีลักษณะที่มีความหมายต่อนักเรียนและท้าทายเพียงพอที่จะทำให้เกิดความต้องการที่จะแสวงหาคำตอบ นอกจากนั้นปัญหายังต้องทำให้เกิดความงุนงงสงสัยหรือก่อให้เกิดความขัดแย้งทางความคิด จะทำให้นักเรียนเกิดความต้องการที่จะเสาะแสวงหาความรู้หรือคำตอบมากยิ่งขึ้น

จากการจัดการเรียนรู้ในขั้นนี้ผู้วิจัยพบว่านักเรียนบางส่วนไม่ทบทวนความรู้เดิมเพื่อเชื่อมต่อกับสถานการณ์ของเกม โดยพบว่าเมื่อผู้วิจัยใช้คำถามนำจากสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์

ในเกม นักเรียนจะตอบคำถามได้ แต่เมื่อนักเรียนได้รู้เรื่องราวในเกมจะไม่มีคำถามที่สงสัยหรือสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติม ซึ่งทำให้ขาดการเชื่อมโยงระหว่างความรู้เดิมกับสถานการณ์ของเกมเพื่อนำไปตั้งคำถามหรือสืบสอบจากเกม แนวทางการแก้ปัญหา คือ หลังจากนำเสนอสถานการณ์โดยใช้สถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับเรื่องราวของเกมและอธิบายเรื่องราวของเกมแล้ว ผู้วิจัยกำหนดให้นักเรียนสืบค้นเกี่ยวกับสิ่งที่สงสัยจากสถานการณ์ของเกมและระบุลงในใบกิจกรรม ก่อนที่จะเชื่อมโยงสู่การอธิบายกติกาและวิธีการเล่นเกม

ขั้นตอนที่ 2 อธิบายเกม เป็นการนำเสนอรายละเอียดและข้อมูลที่จำเป็นทั้งหมดในการเล่นและสืบสอบจากเกม ได้แก่ เป้าหมายของการเรียนรู้ วัตถุประสงค์ของเกม กติกาและวิธีการเล่นซึ่งเป็นขั้นตอนที่มีไว้สำหรับเตรียมความพร้อมในการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานของนักเรียน ทำให้นักเรียนสืบสอบพร้อมกับการเล่นเกมได้อย่างมีทิศทาง สอดคล้องกับ ทิศนา แขมมณี (2560) ที่กล่าวว่าขั้นตอนสำคัญที่ขาดไม่ได้ของการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน คือ การนำเสนอเกม ชี้แจงวิธีการเล่นและกติกาการเล่น ซึ่งเป็นการเตรียมความพร้อมของนักเรียนก่อนที่จะเล่นเกม เมื่อผู้สอนจัดลำดับขั้นตอนและให้รายละเอียดที่ชัดเจนจะทำให้นักเรียนเล่นตามกติกาและกติกาจะควบคุมให้การเล่นเป็นไปตามวัตถุประสงค์

จากการจัดการเรียนรู้ในขั้นนี้ผู้วิจัยพบว่าการใช้วิดีโอสาธิตกติกาการเล่นร่วมกับการอธิบายจะใช้เวลามากเกินกว่าที่กำหนดและนักเรียนบางส่วนที่ขาดความตั้งใจในการดูวิดีโอจะไม่เข้าใจกติกาและมักมีคำถามที่สงสัยเกี่ยวกับกติกาขณะเล่นเกม ถึงแม้ว่าจะมีเอกสารที่ระบุกติกาและวิธีการเล่นแยกออกมาต่างหากเพื่อประกอบการเล่นแล้วก็ตาม จึงแก้ปัญหาโดยสร้างแผนภาพเกี่ยวกับกติกาและวิธีการเล่นด้วยภาพและสัญลักษณ์ที่มีเนื้อหากระชับ มีข้อความจำนวนน้อย จำกัดพื้นที่ให้อยู่ในหนึ่งหน้ากระดาษขนาด A4 และใช้เวลาอธิบายสั้น ๆ ก่อนเริ่มเกม

ขั้นตอนที่ 3 กำหนดคำถาม เมื่อนักเรียนเข้าใจสถานการณ์เกม กติกาและวิธีการเล่นแล้วในขั้นตอนนี้จะเป็นการสร้างแรงจูงใจในการสืบสอบจากเกมอีกทางหนึ่ง เนื่องจากนักเรียนยังคงสงสัยในสถานการณ์ของเกม เมื่อได้กำหนดคำถามที่เกี่ยวข้องกับเบาะแสของปัญหาจะทำให้มีแนวทางในการค้นหาคำตอบและมีแรงจูงใจที่จะสืบสอบจากเกมมากยิ่งขึ้น โดยคำถามที่นักเรียนสร้างขึ้นนั้นเป็นจุดเริ่มต้นในการพยากรณ์เหตุการณ์ของเกม ส่งผลให้นักเรียนเกิดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบที่ 1 การพิจารณาและใช้หลักฐาน พฤติกรรมบ่งชี้ที่ 2 พิจารณาหลักฐานที่พบจากเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากนักเรียนจะต้องพิจารณา

หลักฐานที่พบจากเหตุการณ์ร่วมกับกติกาและวิธีการเล่นเกม เพื่อใช้ในการกำหนดคำถามที่จะนำไปสู่การสืบสอบ แสดงดังตัวอย่างการกำหนดคำถามในใบกิจกรรมที่ 5 เรื่อง เจลอิเล็กโทรฟอรีซิสและการหาลำดับนิวคลีโอไทด์ โดยนักเรียนกำหนดคำถามก่อนเริ่มเกมจำนวน 5 คำถาม ดังนี้

" 1. จะตรวจหาผู้ก่อเหตุจากลายพิมพ์ดีเอ็นเอได้อย่างไร

2. ถ้าน้องน้ำฟ้าไม่ใช่ผู้ก่อเหตุ จะมีหลักฐานใดยืนยัน

3. ถ้าผู้ก่อเหตุเป็นน้องน้ำฟ้าที่เป็นโรคทางพันธุกรรม จะใช้หลักฐานใดยืนยัน

4. ถ้าผู้ก่อเหตุเป็นโรคทางพันธุกรรม การตรวจลักษณะด้วยวิธีเจลอิเล็กโทรฟอรีซีส เพียงพอหรือไม่

5. การตรวจด้วยวิธีเจลอิเล็กโทรฟอรีซีสและการหาลำดับนิวคลีโอไทด์เกี่ยวข้องกับการไขคดีอย่างไร "

นักเรียนเลขที่ 24

จากคำถามพบว่านักเรียนมีความเข้าใจปัญหาจากสถานการณ์ของเกมและสามารถกำหนดคำถามที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ของเกมและเนื้อหาบทเรียนได้ โดยคำถามข้อที่ 2 และ 3 สะท้อนให้เห็นว่านักเรียนรวบรวมและพิจารณาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับน้องน้ำฟ้าจากเรื่องราวของเกม เพื่อนำมากำหนดเป็นคำถามในการสืบหาผู้ก่อเหตุโดยใช้หลักฐานที่จะได้พบในเกมเป็นสิ่งยืนยันคำตอบ ทำให้การสืบสอบของนักเรียนมีทิศทางมากขึ้น อีกทั้งคำถามข้อที่ 4 และ 5 ยังสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนมีการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการตรวจหาลักษณะบุคคลโดยใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอและพิจารณาถึงความเป็นไปได้ในการตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ที่จะใช้ในการสืบหาผู้ก่อเหตุ

สอดคล้องกับ Herranen and Aksela (2019) ที่กล่าวเกี่ยวกับการกำหนดคำถามไว้ว่า การใช้คำถามของนักเรียนเป็นจุดเริ่มต้นในการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์นั้นเป็นสิ่งที่สำคัญมาก เนื่องจากการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ถูกมองว่าเป็นการตอบคำถามที่นักเรียนไม่เคยถาม โดยการตั้งคำถามเป็นทักษะสำคัญและเป็นแรงผลักดันให้เกิดการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ และเป็นวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการค้นพบทางวิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สามารถใช้คำถามเพื่อสร้างระดับการสืบสอบที่สูงขึ้นได้และทำให้นักเรียนค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในแบบที่นักวิทยาศาสตร์ค้นพบ อีกทั้งยังสามารถสืบสวนสอบสวนตามเส้นทางของตนเองได้ ซึ่งการตั้งคำถามของนักเรียนถือเป็นกลยุทธ์ในการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างแรงจูงใจ ความผูกพันหรือความเป็น

เจ้าของการเรียนรู้ของนักเรียน นอกจากนี้คำถามของนักเรียนยังเชื่อมโยงและสนับสนุนทักษะการคิด การพูด การอภิปราย การโต้แย้งหรือการให้เหตุผล อีกทั้งยังมีความสำคัญในการอธิบายปรากฏการณ์และปรับปรุงการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้วย และสอดคล้องกับ Chang and Lin (2012) ที่จัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน โดยใช้การกำหนดคำถามเป็นขั้นตอนแรกของการจัดการเรียนรู้ซึ่งช่วยเพิ่มความอยากรู้และแรงจูงใจในการสืบสอบของนักเรียน

จากการจัดการเรียนรู้ในขั้นนี้ผู้วิจัยพบว่านักเรียนบางส่วนมีการกำหนดคำถามที่ไม่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาบทเรียนแต่จะกำหนดคำถามที่เกี่ยวกับเรื่องราวของเกมมากกว่า ทำให้นักเรียนให้ความสำคัญกับเนื้อหาบทเรียนน้อยลง แนวทางการแก้ปัญหาคือผู้วิจัยยกตัวอย่างคำถามที่สอดคล้องและไม่สอดคล้องกับเนื้อหาบทเรียน ให้นักเรียนวิเคราะห์และสรุปลักษณะของการกำหนดคำถามที่สอดคล้องกับเนื้อหาบทเรียนและใช้ในการสืบสอบจากเกมได้ นอกจากนี้ผู้วิจัยยังเดินตรวจคำถามของนักเรียนในระหว่างการจัดการเรียนรู้และปรับแก้รายบุคคลให้มีความเหมาะสม อีกทั้งนักเรียนบางส่วนไม่กำหนดคำถามด้วยตนเอง แต่จะคัดลอกคำถามของเพื่อนในกลุ่ม ซึ่งมีสาเหตุมาจากการที่ผู้วิจัยแจกเกมกระดานหลังจากอธิบายกติกาและวิธีการเล่นเกมทันที เมื่อนักเรียนเห็นสื่อการสอนที่แปลกใหม่ก็จะพยายามทำความเข้าใจและวางกลยุทธ์ในการเล่น โดยไม่กำหนดคำถามในใบกิจกรรม แนวทางการแก้ปัญหาคือ ให้นักเรียนกำหนดคำถามให้เสร็จสิ้นก่อนแล้วจึงแจกกระดานเกม ทั้งยังเสริมแรงทางบวกโดยการชื่อชมและให้รางวัลเป็นกลุ่มเพื่อให้นักเรียนกระตือรือร้นในการเรียนมากขึ้น

ขั้นตอนที่ 4 การสืบสอบจากเกม ขั้นตอนนี้ถือเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดของการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน เนื่องจากนักเรียนจะต้องวางแผนการสืบสอบจากคำถามที่สร้างขึ้นและพยากรณ์คำตอบที่เป็นไปได้ร่วมกัน ซึ่งอาจกำหนดกลยุทธ์ในการเล่นของนักเรียนเองเพื่อให้การสืบสอบมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยหัวใจสำคัญของขั้นตอนนี้ก็คือ การสร้างชุมชนการสืบสอบแบบร่วมมือ โดยนักเรียนจะเล่นเกมเป็นกลุ่มขนาดเล็ก มีการกำหนดเป้าหมายการเล่นที่แน่นอน สื่อสารกันในระหว่างเล่นเกมและรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการสืบสอบร่วมกันเพื่อนำมาวิเคราะห์และนำเสนอคำตอบเมื่อจบเกม อีกทั้งในระหว่างเล่นเกมนักเรียนต่างกลุ่มยังสามารถที่จะแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันได้ ส่งผลให้นักเรียนเกิดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 องค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ดังต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

องค์ประกอบที่ 1 การพิจารณาและใช้หลักฐาน จำนวน 4 พฤติกรรมบ่งชี้ได้แก่ 1) รวบรวมข้อมูลจากการสังเกตเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ 2) พิจารณาหลักฐานที่พบจากเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ 3) แยกส่วนของหลักฐานที่เป็นข้อเท็จจริงโดยใช้หลักการ ทฤษฎี กฎ ทางวิทยาศาสตร์ 4) ประเมินผลการสำรวจตรวจสอบจากข้อมูลที่มากพอเพื่อสนับสนุนข้อสรุป เนื่องจากนักเรียนจะต้องรวบรวมข้อมูล หลักฐานที่ได้จากการสังเกตเหตุการณ์ของเกมและนำหลักฐานที่พบมาพิจารณา โดยแยกส่วนของหลักฐานที่เป็นข้อเท็จจริง ด้วยหลักการ ทฤษฎี กฎทางวิทยาศาสตร์ทำให้ได้หลักฐานที่มีความน่าเชื่อถือ โดยในแต่ละเกมจะมีเรื่องราวและวิธีการเล่นที่แตกต่างกัน นักเรียนจึงต้องรวบรวมหลักฐานในหลากหลายรูปแบบ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นสารสนเทศในการนำเสนอเพื่อวิเคราะห์และอภิปรายร่วมกันในกลุ่ม เช่น เกม COVID-19 ด่านที่ 1 สืบจากสายดีเอ็นเอ นักเรียนจะต้องรวบรวมข้อมูลตำแหน่งของบริเวณจดจำที่เอนไซม์ตัดจำเพาะทั้ง 5 ชนิด สามารถตัดได้ และนำมาวิเคราะห์ร่วมกันว่าจะเลือกใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดใด ตัดสายดีเอ็นเอเพื่อให้ได้ยีนเป้าหมายและชิ้นดีเอ็นเอขนาดเล็กที่สุด เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในด่านต่อไป โดยในบางเกมนักเรียนจะใช้วิธีการอุปนัยและนิรนัยในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์และให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในการอ้างอิงสู่ข้อสรุปของเกมได้ ซึ่งสอดคล้องกับ Lawson (2009) ที่กล่าวเกี่ยวกับการใช้หลักฐานในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ว่า การพิจารณาหลักฐานตามสถานการณ์ทำให้นักวิทยาศาสตร์ให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จากการสังเกตปรากฏการณ์ทางธรรมชาติได้ โดยเมื่อนักวิทยาศาสตร์สังเกตหลักฐานจากปัญหาที่งุนงงจะใช้การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบสมมตินัย (Abduction Reasoning) ในการเชื่อมโยงหลักฐานและข้อมูลที่ได้จากการสังเกตและสร้างคำอธิบายต่อปัญหา จากนั้นจะใช้การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบแบบอธิบาย (Retroduction Reasoning), แบบนิรนัย (Deductive Reasoning) และแบบอุปนัย (Inductive Reasoning) ร่วมกับกรอบแนวคิด ถ้า (If)/ แล้ว (then)/ ดังนั้น (Therefore) ในการขับเคลื่อนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ จึงทำให้ค้นพบความรู้ใหม่ทางวิทยาศาสตร์

องค์ประกอบที่ 2 การพยากรณ์ จำนวน 4 พฤติกรรมบ่งชี้ ได้แก่ 1) ระบุการคาดคะเนหรือพยากรณ์ผลที่จะเกิดจากการสังเกตเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ 2) ระบุความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลที่เกิดขึ้นโดยใช้หลักฐานเป็นฐานในการคิด 3) พยากรณ์การเปลี่ยนแปลงในเชิงวิทยาศาสตร์และให้เหตุผลที่สมเหตุสมผลและ 4) ระบุข้อสันนิษฐาน ประจักษ์พยานและเหตุผล ในเรื่องที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เนื่องจากนักเรียนจะต้องพยากรณ์หลังจากรวบรวมข้อมูลในขั้นตอนที่ 1 นำเสนอ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สถานการณ์ โดยมีคำถามที่นักเรียนกำหนดขึ้นในขั้นตอนที่ 3 กำหนดคำถาม เป็นปัจจัยที่ส่งเสริมให้เกิดการพยากรณ์ ซึ่งนักเรียนยังไม่ทราบคำตอบที่แน่ชัดจึงทำการคาดคะเนเหตุการณ์ล่วงหน้าจากข้อมูลที่มีอยู่เพื่อให้การสืบสอบจากเกมมีทิศทาง เช่น เกม Hunting down a killer ที่นักเรียนจะต้องระบุการพยากรณ์ผู้ก่อเหตุหลังจากรวบรวมข้อมูลจากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในวันเกิดเหตุร่วมกับหลักฐานทางวิทยาศาสตร์และพยานบุคคล ซึ่งการพยากรณ์ของนักเรียนจะนำไปสู่การสืบสอบในขั้นต่อไปของเกมจนสามารถสรุปคำตอบที่สมเหตุสมผลได้ สอดคล้องกับ ลือชา ลดาชาติ และ ลฎาภา ลดาชาติ (2563) ที่กล่าวว่า การพยากรณ์จากการสังเกตข้อเท็จจริงในสิ่งที่ยังไม่เข้าใจจะนำไปสู่การสืบสอบ เมื่อพยากรณ์แล้วจะทำให้เกิดการมุ่งหาหลักฐานเพื่อยืนยันข้อเท็จจริง และสอดคล้องกับ Lawson (2005) ที่กล่าวว่าการพยากรณ์ทำให้เกิดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบสมมตินัย (Abduction Reasoning) ซึ่งเป็นการคาดคะเนคำตอบที่ยังไม่ทราบแน่ชัด จากหลักฐานที่ได้จากการสังเกตปรากฏการณ์โดยการคาดคะเนนี้เป็นสิ่งที่อยู่ภายในจิตใจ โดยไม่ตั้งอยู่บนทฤษฎี หรือกฎทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะนำไปสู่การสืบสอบและพิสูจน์เพื่อค้นพบรู้ใหม่ทางวิทยาศาสตร์

องค์ประกอบที่ 3 การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานเพื่อนำไปสู่การสร้างข้อสรุป จำนวน 4 พฤติกรรมบ่งชี้ ได้แก่ 1) นำความรู้ที่เกี่ยวข้องกับหลักการ ทฤษฎี กฎ ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผล 2) อธิบายเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างเพื่อนำไปสู่ข้อสรุป 3) ระบุ ใช้ และสร้างแบบจำลอง และนำเสนอข้อมูลเพื่อใช้ในการอธิบายและ 4) ระบุว่าคำอธิบายใดสมเหตุสมผลหรือไม่ อย่างไร เนื่องจากนักเรียนจะต้องเชื่อมโยงหลักฐานที่พบในระหว่างสืบสอบจากเกมกับข้อกล่าวอ้างจากเรื่องราวหรือสถานการณ์ของเกม โดยใช้ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับหลักการ ทฤษฎี กฎ ทางวิทยาศาสตร์มาสร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผล ซึ่งนักเรียนแต่ละคนจะสร้างคำอธิบายของตนเองและใช้แบบจำลองทางความคิดที่สร้างขึ้นประกอบการอธิบาย โดยเพื่อนในกลุ่มจะร่วมกันอภิปรายและแสดงความคิดเห็นว่าคำอธิบายดังกล่าวนั้นมีความสมเหตุสมผลเพียงใด เพื่อให้เกิดข้อสรุปและดำเนินการสืบสอบจนจบเกม เช่น เกมที่ 3 OMG-GMO ด่านที่ 2 OMG ตัวนี้จับอย่างไร ที่นักเรียนจะต้องใช้ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนซ้ำของเบสบน STR กับขนาดลายพิมพ์ดีเอ็นเอ มาสร้างลายพิมพ์ดีเอ็นเอของสัตว์ประหลาดและวาดภาพ พร้อมอธิบายลักษณะของลายพิมพ์ดีเอ็นเอโดยใช้หลักการ ทฤษฎี กฎ ทางวิทยาศาสตร์ ลงในตำราประจำตระกูล ซึ่งสอดคล้องกับ Lawson (2009) ที่กล่าวเกี่ยวกับการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานเพื่อนำไปสู่การสร้างข้อสรุปว่า การได้มาซึ่งความรู้ของนักวิทยาศาสตร์ในบางเรื่องนั้นใช้การสังเกตหลักฐานจากข้อเท็จจริง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ร่วมกับปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่เปลี่ยนแปลงและเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงสู่การคาดการณ์ การให้เหตุผลและลงข้อสรุป

องค์ประกอบที่ 4 การสร้างข้อสรุป จำนวน 4 พฤติกรรมบ่งชี้ ได้แก่ 1) ลงข้อสรุปโดยใช้หลักฐานอย่างสมเหตุสมผล 2) ลงข้อสรุปที่เที่ยงตรงจากการสังเกต หลักฐาน และ/หรือความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ 3) ลงข้อสรุปเพื่อตอบคำถามหรือพิสูจน์สมมติฐาน และแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจเกี่ยวกับสาเหตุและผลที่เกิดขึ้นและ 4) ลงข้อสรุปที่ได้จากการวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับหลักการ ทฤษฎี กฎ ทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากนักเรียนจะต้องลงข้อสรุปที่เที่ยงตรงโดยใช้หลักฐานจากการวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับหลักการ ทฤษฎี กฎ ทางวิทยาศาสตร์อย่างสมเหตุสมผล โดยข้อสรุปที่ได้จะสามารถย้อนกลับไปอธิบายคำตอบของคำถามที่นักเรียนสร้างขึ้นในตอนต้นเกมและการพยากรณ์ของนักเรียนก่อนที่จะสืบสอบจากเกม ซึ่งเป็นการแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจเกี่ยวกับสาเหตุและผลที่เกิดขึ้น เช่น เกมที่ 1 COVID-19 ด่านที่ 2.1 การโคลนยีนด้วยพลาสมิดของแบคทีเรีย ที่นักเรียนจะต้องลงข้อสรุปเกี่ยวกับการเลือกใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะและตำแหน่งของบริเวณจดจำที่ตัดเส้นดีเอ็นเอของพลาสมิดแล้วสามารถนำไปเชื่อมต่อกับชิ้นส่วนของดีเอ็นเอที่มียีนเป้าหมายได้พอดี ซึ่งต้องใช้ความเข้าใจหลักการของเอนไซม์ตัดจำเพาะ บริเวณจดจำและการเชื่อมสายดีเอ็นเอเพื่อนำมาเปรียบเทียบตำแหน่งที่เชื่อมต่อเข้ากันแล้วจะได้สายที่สั้นที่สุดจากเอนไซม์ตัดจำเพาะทั้ง 5 ชนิดและสรุปการเลือกใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะอย่างสมเหตุสมผล สอดคล้องกับ Lawson (2009) ที่กล่าวเกี่ยวกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบอุปนัยว่า เป็นการให้เหตุผลที่ช่วยเพิ่มความมั่นใจในการยืนยันว่าข้อสรุปนั้นเป็นสิ่งที่ถูกต้องด้วยการเพิ่มส่วนที่สนับสนุนหรือข้อโต้แย้ง อีกทั้งยังเป็นการเชื่อมโยงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุที่ได้จากการสังเกตหลักฐานตามสถานการณ์ก่อนที่จะลงข้อสรุป

ตัวอย่างบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียนที่สะท้อนถึงการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่พบในขั้นที่ 4 การสืบสอบจากเกม

บันทึกการเรียนรู้ ครั้งที่ 4 เรื่อง เจลอิเล็กโทรฟอรีซิสและการหาลำดับนิวคลีโอไทด์

“ พอเริ่มเกมแล้วเราต้องเรียงลำดับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในวันที่เกิดเหตุเป็นแผนภาพ รวบรวมหลักฐาน พยาน ***(องค์ประกอบที่ 1 การพิจารณาและใช้หลักฐาน พฤติกรรมบ่งชี้ที่ 1 รวบรวมข้อมูลจากการสังเกตเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์)*** และคาดคะเนว่าใครเป็นคนร้าย ซึ่งสามารถเลือกได้ 2 คน แต่ถ้าแน่ใจก็เลือก 1 คน ซึ่งกลุ่มเราเลือกป้าต้อย ***(องค์ประกอบที่***

2 การพยากรณ์ พฤติกรรมบ่งชี้ที่ 1 ระบุการคาดคะเนหรือพยากรณ์ผลที่จะเกิดขึ้นจากการสังเกตเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์) แต่พอเปิดไพ่ก็พบว่าลายพิมพ์ดีเอ็นเอในที่เกิดเหตุไม่ตรงกับป้าต้อย ***(องค์ประกอบที่ 1 การพิจารณาและใช้หลักฐาน พฤติกรรมบ่งชี้ที่ 2 พิจารณาหลักฐานที่พบจากเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์)*** จึงหาข้อมูลเพิ่มเติมจากใบงานพบว่าอาจมีการเปลี่ยนตัวคนร้าย เมื่อเทียบลำดับเบสจากการตรวจลำดับนิวคลีโอไทด์ของน้องน้ำฟ้าแล้วพบว่าเป็นโรคแรตต์ ซินโดรม เคลื่อนไหวได้ช้าซึ่งไม่สามารถก่อเหตุได้อย่างแน่นอน ***(องค์ประกอบที่ 1 การพิจารณาและใช้หลักฐาน พฤติกรรมบ่งชี้ที่ 3 แยกส่วนของหลักฐานที่เป็นข้อเท็จจริงโดยใช้หลักการ ทฤษฎี กฎ ทางวิทยาศาสตร์)*** จึงสรุปจากพยานบุคคลและเหตุจูงใจร่วมกับลายนิ้วมือที่พบและยืนยันคำตอบเป็นป้าต้อยเหมือนเดิม ***(องค์ประกอบที่ 4 การสร้างข้อสรุป ตัวชี้วัดที่ 2 ลงข้อสรุปที่เที่ยงตรงจากการสังเกตหลักฐานและ/หรือความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดวิทยาศาสตร์)*** เพราะป้าต้อยเป็นคนที่มีเหตุจูงใจมากที่สุด พบลายนิ้วมือที่ขวดเหล้าในที่เกิดเหตุ และเป็นไปได้ที่จะใส่ร้ายน้องน้ำฟ้า แต่โชคดีที่น้องน้ำฟ้าเป็นโรคจึงรอดพ้นข้อกล่าวหา โดยเพื่อนในห้องส่วนใหญ่ก็ตอบป้าต้อยซึ่งเป็นคำตอบที่ถูกต้อง ***(องค์ประกอบที่ 3 การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานเพื่อนำไปสู่การสร้างข้อสรุป ตัวชี้วัดที่ 2 อธิบายเชื่อมโยงเกี่ยวกับข้อกล่าวอ้างเพื่อนำไปสู่ข้อสรุป)***

นักเรียนเลขที่ 40

จากการจัดการเรียนรู้ในขั้นนี้ผู้วิจัยพบว่านักเรียนสามารถวางแผนการสืบสอบจากคำถามที่สร้างขึ้นและพยากรณ์คำตอบที่เป็นไปได้ร่วมกัน อีกทั้งยังสร้างชุมชนการสืบสอบแบบร่วมมือได้ โดยเริ่มจากกลุ่มขนาดเล็ก 4-5 คน เมื่อผู้วิจัยเปิดโอกาสให้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกลุ่ม นักเรียนจะแลกเปลี่ยนเรียนรู้และแบ่งปันข้อค้นพบขณะเล่นเกมกับเพื่อนต่างกลุ่ม จนกลายเป็นชุมชนการสืบสอบแบบร่วมมือขนาดใหญ่ ที่มีการสื่อสารและแบ่งปันข้อมูลร่วมกันทั้งห้อง ส่วนปัญหาที่พบจากการจัดการเรียนรู้ขั้นนี้ คือ นักเรียนบางคนขาดการสื่อสารด้วยคำพูดในระหว่างสืบสอบกับเพื่อนในกลุ่ม เนื่องจากลักษณะส่วนบุคคลที่เป็นคนพูดน้อยและชอบรับผู้ฟังความคิดเห็นของเพื่อน จึงมักไม่แสดงความคิดเห็นส่วนตัว แต่จากการสังเกตของผู้วิจัยพบว่าในบางครั้งนักเรียนที่ไม่สื่อสารด้วยคำพูดจะสามารถแก้ปัญหาในสถานการณ์ของเกมได้ก่อนเพื่อนในกลุ่ม อาจเป็นผลมาจากการฟังการโต้แย้งและนำมาแก้ปัญหาด้วยตนเอง แนวทางในการแก้ปัญหาในอนาคต คือ ปรับกิจกรรมการสืบสอบให้นักเรียนได้แสดงออกด้วยการสื่อสารที่หลากหลายทั้งการเขียน การพูดนำเสนอ หรือสืบสอบผ่าน

เกมออนไลน์ที่มีการโต้ตอบโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ผ่านตัวการ์ตูนที่สร้างขึ้น เพื่อตอบสนองความแตกต่างระหว่างบุคคล และในทางกลับกันผู้วิจัยพบว่านักเรียนบางกลุ่มสื่อสารกันด้วยเสียงดังและแสดงอาการสนุกสนานตลอดเวลาที่สืบสอบจากเกม ซึ่งสร้างบรรยากาศของการเล่นเกมที่สนุกสนาน แต่นักเรียนบางส่วนต้องการสมาธิในการเล่นเกม ผู้วิจัยแก้ปัญหาโดยให้นักเรียนสร้างข้อตกลงในการเล่นเกมร่วมกันเพื่อให้รู้ขอบเขตของการเล่นเกม

ขั้นตอนที่ 5 สรุปและอภิปราย นักเรียนจะนำเสนอผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากการสืบสอบจากเกมและตอบคำถามที่กำหนดไว้ในขั้นที่ 3 การกำหนดคำถาม รวมทั้งสรุปและอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับประสบการณ์ที่ได้จากการเล่นเกม สะท้อนผลการเรียนรู้โดยการทบทวนและไตร่ตรองความคิดการกระทำของนักเรียนในขณะเล่นเกมเพื่อให้เกิดความตระหนักและให้คุณค่ากับการเรียนรู้ของตนเอง ส่งผลให้นักเรียนเกิดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบที่ 3 การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานเพื่อนำไปสู่การสร้างข้อสรุป พฤติกรรมบ่งชี้ที่ 1 อธิบายเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างเพื่อนำไปสู่ข้อสรุป เนื่องจากนักเรียนจะต้องใช้หลักฐานที่ได้จากการสืบสอบในระหว่างเล่นเกมมาอธิบายเชื่อมโยงสู่ผลลัพธ์สุดท้ายและตอบคำถามที่กำหนดไว้โดยแลกเปลี่ยนประสบการณ์เกี่ยวกับการสืบสอบจากเกมและอธิบายร่วมกับสิ่งที่นักเรียนสร้างขึ้น เช่น เส้นเวลา ภาพวาดเหตุการณ์ แผนภาพ ทำให้เห็นการเปลี่ยนแปลงอย่างเป็นระบบก่อนที่จะสร้างข้อสรุป แสดงดังตัวอย่าง บันทึกการเรียนรู้ครั้งที่ 4 เรื่อง เจลอิเล็กโทรฟอรีซิสและการหาลำดับนิวคลีโอไทด์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

“ เขียนทามไลน์ของแต่ละคนตามช่วงเวลาและนำมาเชื่อมโยงว่าใครทำอะไร ที่ไหน โดยทำเป็นแผนภาพ ซึ่งใช้เวลาถกเถียงพอสมควร เนื่องจากเหตุการณ์มีความซับซ้อนและต้องใช้ข้อมูลจากลายพิมพ์ดีเอ็นเอกับเจลอิเล็กโทรโฟลิซีสด้วย จึงจะสรุปคนร้ายตัวจริงได้ โดยตอนแรกเลือกป้าต้อยและลุงพล เพราะลุงพลหายตัวไปหลังจากเกิดเหตุ อาจเป็นไปได้ว่าหลบหนีความผิด แต่วิเคราะห์หลักฐานที่พบในบ้าน เช่น ลายนิ้วมือ ก็นำมาเชื่อมโยงเหตุการณ์ว่าป้าต้อยน่าจะเอาขวดเหล้าตีหัวป้าสมใจและใส่ร่ายน้องน้ำฟ้าโดยเอาถุงมือที่เปื้อนเลือดป้าสมใจไปสวมให้เพื่อจัดฉาก ”

นักเรียนเลขที่ 25

และความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบที่ 4 การสร้างข้อสรุป พฤติกรรมบ่งชี้ที่ 1 ลงข้อสรุปโดยใช้หลักฐานอย่างสมเหตุสมผล และพฤติกรรมบ่งชี้ที่ 2 ลงข้อสรุปที่

เที่ยงตรงจากการสังเกตหลักฐาน และ/หรือความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากนักเรียนจะต้องลงข้อสรุปที่เที่ยงตรงและสมเหตุสมผลจากการสืบสอบ โดยใช้หลักฐานที่ค้นพบเชื่อมโยงกับเรื่องราวของเกมและแนวคิดวิทยาศาสตร์ในเรื่องนั้น ๆ แสดงดังตัวอย่าง บันทึกการเรียนรู้ครั้งที่ 2 เรื่อง การโคลนยีนด้วยพลาสมิดของแบคทีเรีย

" เลือกใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะตัวที่ 3 กับ 5 เพราะเจอว่ามีบริเวณจดจำที่ตรงกับตำแหน่งของเบสที่เป็นพาลินโดรมตรงกับเอนไซม์ตัดจำเพาะพอดีและตัดแล้วได้ยีนสายที่สั้นที่สุด เชื่อมต่อกับชิ้นส่วนดีเอ็นเอจากด่านที่ 1 จะได้รีคอมบิแนนท์ดีเอ็นเอลักษณะวงกลม แล้วนำไปโคลน "

นักเรียนเลขที่ 15

สอดคล้องกับ Lawson (2009) ที่กล่าวเกี่ยวกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบอุปนัยว่าเป็นการให้เหตุผลที่ช่วยเพิ่มความมั่นใจในการยืนยันว่าข้อสรุปนั้นเป็นสิ่งที่ถูกต้องด้วยการเพิ่มส่วนที่สนับสนุนหรือข้อโต้แย้ง อีกทั้งยังเป็นการเชื่อมโยงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุที่ได้จากการสังเกตหลักฐานตามสถานการณ์ก่อนที่จะลงข้อสรุป

จากการจัดการเรียนรู้ในขั้นนี้ผู้วิจัยพบว่านักเรียนส่วนใหญ่สรุปความรู้และข้อค้นพบที่ได้จากการสืบสอบจากเกมได้ถูกต้อง สมเหตุสมผล มีการอ้างหลักฐานที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ อีกทั้งยังสามารถเชื่อมโยงข้อสรุปสู่การตอบคำถามที่กำหนดไว้ก่อนเริ่มเกมได้ แต่มีนักเรียนบางส่วนที่ยังไม่สามารถลงข้อสรุปเพื่อตอบคำถามที่ตนเองสร้างขึ้นได้ เนื่องจากขาดการเชื่อมโยงสาเหตุหรือหลักฐานที่นักเรียนค้นพบจากเกมกับคำถามที่นักเรียนสร้างขึ้น จึงทำให้นักเรียนลงข้อสรุปจากการค้นพบในเกมเพียงเท่านั้น แนวทางการแก้ปัญหาคือ ให้นักเรียนสรุปเพิ่มเติมลงในใบกิจกรรมที่นักเรียนกำหนดคำถามไว้ก่อนที่จะเล่นเกมและสรุปเพิ่มเติมลงในบันทึกการเรียนรู้เพื่อเป็นการทบทวนความเข้าใจของนักเรียนอีกครั้ง จากนั้นผู้วิจัยตรวจบันทึกการเรียนรู้และสะท้อนคิดเพื่อตอบกลับให้นักเรียนปรับปรุงบันทึกการเรียนรู้ของตนเอง

2) การเปลี่ยนแปลงความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

นักเรียนที่เรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานมีค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในทุกองค์ประกอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยระหว่างการจัดการจัดการเรียนรู้นักเรียนสามารถให้เหตุผลเชิง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิทยาศาสตร์ในบันทึกการเรียนรู้ได้สอดคล้องกับพฤติกรรมบ่งชี้ในแต่ละองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น ทั้งยังมีระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในระยะหลังสูงขึ้นกว่าระยะแรก ซึ่งผู้วิจัยได้ค้นพบสาเหตุที่เป็นปัจจัยในการส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และนำเสนอตามองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการเปลี่ยนแปลงระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ แบ่งออกเป็น 5 ตอน ดังต่อไปนี้

2.1) การพิจารณาและใช้หลักฐาน

สถานการณ์ของเกมที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ โดยเกมที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้นั้นมีสถานการณ์ที่ชวนให้นักเรียนสงสัยและเกี่ยวข้องกับสถานการณ์ทางสังคมที่นักเรียนสามารถพบเจอได้โดยทั่วไป เช่น เกม COVID-19 ด่านที่ 1 สืบจากสายดีเอ็นเอ ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเซรุ่มเพื่อรักษาผู้ป่วยโรคโควิด 19 โดยพบว่าสื่อต่าง ๆ ได้ออกมาให้ข้อมูลและรายงานข่าวเกี่ยวกับวัคซีน ทั้งในแง่การผลิตและการฉีดเพื่อสร้างภูมิคุ้มกันให้กับผู้ที่ยังไม่ติดเชื้อ ซึ่งให้ความสำคัญกับกระบวนการรักษาผู้ป่วยที่ติดเชื้อแล้วไม่มากนัก เมื่อสถานการณ์ของเกมนำเสนอมุมมองที่แปลกใหม่และเป็นเหตุการณ์ปัจจุบัน นักเรียนจะเกิดความสงสัยถึงวิธีการผลิตและความแตกต่างระหว่างวัคซีนและเซรุ่ม ซึ่งจะนำนักเรียนไปสู่เนื้อหาในบทเรียนเกี่ยวกับเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอได้โดยง่าย อีกทั้งในการดำเนินไปของเกม นักเรียนจำเป็นที่จะต้องค้นหาและรวบรวมหลักฐานจากการสังเกตสถานการณ์ของเกมเป็นอันดับแรก จึงจะสามารถเล่นเกมต่อไปได้ เช่น ในเกม OMG-GMO ด่านที่ 2 OMG ตัวนี้จับอย่างไร นักเรียนต้องรวบรวมยีนของสัตว์ประหลาดและค้นหาจำนวนซ้ำของเบสบน STR ของแต่ละแอลลีลให้ได้ก่อน แล้วจึงนำไปสร้างลายพิมพ์ดีเอ็นเอของสัตว์ประหลาด ซึ่งสอดคล้องกับพฤติกรรมบ่งชี้ที่ 1) รวบรวมข้อมูลจากการสังเกตเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์และ 2) พิจารณาหลักฐานที่พบจากเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ในองค์ประกอบที่ 1 การพิจารณาและใช้หลักฐาน โดยระหว่างที่นักเรียนเล่นเกมนั้น สถานการณ์ของเกมจะทำให้นักเรียนต้องสื่อสารและอภิปรายกัน ซึ่งนักเรียนแต่ละคนมีความเข้าเกี่ยวกับหลักฐานแตกต่างกันและจะโต้แย้งกันเมื่อต้องตัดสินใจเลือกบางสิ่งในสถานการณ์ของเกมเพื่อให้การเล่นดำเนินไปจนเสร็จสิ้นได้ จึงทำให้นักเรียนต้องระบุประจักษ์พยานและเหตุผลในเรื่องที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการตัดสินการโต้แย้งนั้น เช่น เกม Hunting down a killer ที่นักเรียนได้รับข้อมูลจากสถานการณ์ของเกมว่าน้องน้ำฟ้าเป็นผู้ต้องสงสัยในคดีฆาตกรรมและร่วมกันเชื่อมโยงหลักฐานเพื่อพิสูจน์หาข้อเท็จจริง

โดยนักเรียนบางส่วนจะเชื่อตามสถานการณ์ของเกมที่รวบรวมได้จากการเปิดไพ่เหตุการณ์ บางส่วนสังเกตความผิดปกติจากสถานการณ์ของเกมและไม่เชื่อว่าน้องน้ำฟ้าเป็นผู้ก่อเหตุ จึงมีการโต้แย้งเกี่ยวกับเหตุการณ์และหลักฐานเกี่ยวกับผู้ก่อเหตุ แต่เมื่อพบข้อมูลทางวิทยาศาสตร์จากผลการตรวจลำดับนิวคลีโอไทด์ซึ่งเป็นสิ่งยืนยันได้ว่าน้องน้ำฟ้าเป็นโรคกลุ่มอาการเร็ท ซินโดรม ที่ไม่สามารถเคลื่อนไหวกล้ามเนื้อได้ ก็นำมาเป็นข้อมูลในการตัดสินการโต้แย้งของสมาชิกในกลุ่มและวิเคราะห์ประเด็นอื่นเพิ่มเติม สอดคล้องกับ Goodwin et al. (2012) ที่กล่าวเกี่ยวกับสถานการณ์ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ว่า นักเรียนจะเรียนรู้ได้ดีที่สุดเมื่อพวกเขาได้รับโอกาสในการเรียนรู้และประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะในสภาพแวดล้อมที่สมจริง โดยเฉพาะการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดสถานการณ์สอดคล้องกับสถานการณ์ในชีวิตจริงจะทำให้นักเรียนได้ฝึกฝนทักษะการคิด การอภิปราย สามารถตัดสินใจที่เกี่ยวข้องกับการแสดงความคิดเห็นในสถานการณ์และแก้ปัญหาได้

2) การพิจารณาและใช้หลักฐาน เป็นพื้นฐานที่จะนำไปสู่การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบอื่น โดยพบว่าการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ องค์ประกอบที่ 1 การพิจารณาและใช้หลักฐาน ในพฤติกรรมบ่งชี้ที่ 1) รวบรวมข้อมูลจากการสังเกตเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ และ/หรือ 2) พิจารณาหลักฐานที่พบจากเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์มีความเชื่อมโยงและส่งเสริมให้นักเรียนแสดงความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นใน 3 องค์ประกอบ ได้แก่ องค์ประกอบที่ 2 การพยากรณ์, องค์ประกอบที่ 3 การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานเพื่อนำไปสู่การสร้างข้อสรุป และองค์ประกอบที่ 4 การสร้างข้อสรุป โดยพบว่านักเรียนที่เขียนบันทึกการเรียนรู้ที่สะท้อนถึงการรวบรวมข้อมูลและ/หรือการพิจารณาหลักฐานจากการสังเกตเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ จะสามารถให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ใน 3 องค์ประกอบดังกล่าวได้อย่างชัดเจน แสดงรายละเอียด ดังต่อไปนี้

องค์ประกอบที่ 2 การพยากรณ์ เมื่อนักเรียนเขียนบันทึกการเรียนรู้ที่สะท้อนถึงการรวบรวมข้อมูลและ/หรือการพิจารณาหลักฐานจากการสังเกตเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์จะสามารถแสดงออกถึงความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ในพฤติกรรมบ่งชี้ที่ 1) ระบุการคาดคะเนหรือพยากรณ์ผลที่จะเกิดจากการสังเกตเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ และ/หรือ 2) ระบุความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลที่เกิดขึ้นโดยใช้หลักฐานเป็นฐานในการคิดได้ แสดงดังตัวอย่าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บันทึกการเรียนรู้ครั้งที่ 4 เกม Hunting down a killer : " เกมนี้เราค่อนข้างที่จะใช้ความเชื่อมโยงเหตุการณ์หรือการคาดเดาที่ขอบเขต คือ หลักฐานในเรื่องราวว่ามีโอกาสเป็นไปได้แบบไหนบ้าง ช่วยกันวิเคราะห์ว่าหลักฐานน่าเชื่อถือหรือไม่ *(องค์ประกอบที่ 1 การพิจารณาและใช้หลักฐาน พฤติกรรมบ่งชี้ที่ 2 พิจารณาหลักฐานที่พบจากเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์)* แม้แต่การวิเคราะห์โดยใช้เจลอิเล็กโทรโฟรีซิสและการหาลำดับของนิวคลีโอไทด์แล้วก็ยังต้องมาดูร่องรอยหลักฐานที่ปรากฏในที่เกิดเหตุอีก เพราะเกมนี้มีหักมุม ตอนแรกทำให้เข้าใจว่าเป็นน้องน้ำฟ้า แต่พอค้นหลักฐานเราพบว่า มีร่องรอยของป้าต้อยมากที่สุด จึงเดาว่าป้าต้อยเป็นคนฆ่า *(องค์ประกอบที่ 2 การพยากรณ์ พฤติกรรมบ่งชี้ที่ 1 ระบุการคาดคะเนหรือพยากรณ์ผลที่จะเกิดจากการสังเกตเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์)* ชอบเกมนี้มากที่สุด ใช้จินตนาการสูงมาก "

นักเรียนเลขที่ 39

จากการสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ ในประเด็นที่ 1 การวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของหลักฐาน นักเรียนอธิบายว่า วิเคราะห์หลักฐาน 2 ส่วน คือ 1) หลักฐานที่พบในเหตุการณ์ของช่วงเวลาต่าง ๆ เช่น คราบเลือดที่ถุงมือน้องน้ำฟ้า ลายนิ้วมือที่พบในที่เกิดเหตุ คำให้การของพยานบุคคล 2) หลักฐานที่สามารถตรวจสอบได้โดยใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ เช่น ลายพิมพ์ดีเอ็นเอของผู้ต้องสงสัย ผลการตรวจลำดับนิวคลีโอไทด์ และพิจารณาหลักฐานทั้งสองส่วนร่วมกันเพื่อเชื่อมโยงไปสู่การคาดเดาผู้ก่อเหตุ *(องค์ประกอบที่ 1 การพิจารณาและใช้หลักฐาน พฤติกรรมบ่งชี้ที่ 2 พิจารณาหลักฐานที่พบจากเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์)* และประเด็นที่ 2) การคาดเดาหาผู้ก่อเหตุ นักเรียนอธิบายว่า คาดเดาว่าป้าต้อยเป็นผู้ก่อเหตุ เนื่องจากพบลายนิ้วมือของป้าต้อยที่ขวดเหล้าและไม้ตีกอล์ฟที่อยู่ในที่เกิดเหตุ โดยปฏิเสธว่าน้องน้ำฟ้าไม่ใช่ผู้ก่อเหตุทั้งที่ตรวจพบลายพิมพ์ดีเอ็นเอที่เล็บของผู้ตาย เนื่องจากพบว่าน้องน้ำฟ้าเป็นโรคกลุ่มอาการเร็ทท์ ซินโดรมที่ไม่สามารถเคลื่อนไหวกล้ามเนื้อมือหรือเดินได้ ประกอบกับหลักฐานในแต่ละช่วงเวลาที่ระบุว่าป้าต้อยเป็นผู้จัดฉากและโยนความผิดให้กับน้องน้ำฟ้า เช่น นักเรียนบอกว่าป้าสมใจเสียชีวิตเวลา 13.00 น. บริเวณบันไดชั้น 2 ของบ้าน เพราะเหตุใดป้าต้อยจึงไม่รู้ ทั้งที่เป็นผู้ที่ออกมาล้างไม้ตีกอล์ฟตอนเวลา 14.00 น. และมีเสียงกรีดร้องของใครในเวลา 16.00 น. ทั้งที่ป้าต้อยออกมาตากผ้าให้สายชลและสายสร้อยเห็นในเวลานั้น นักเรียนจึงเชื่อมโยงทั้งหลักฐานที่พบจากเหตุการณ์และหลักฐาน

ทางวิทยาศาสตร์มาคาดคะเนและลงข้อสรุปของตนเอง *(องค์ประกอบที่ 2 การพยากรณ์ พฤติกรรมบ่งชี้ที่ 1 ระบุการคาดคะเนหรือพยากรณ์ผลที่จะเกิดจากการสังเกตเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์)*

นอกจากนี้ยังพบการเชื่อมโยงกับองค์ประกอบที่ 3 การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานเพื่อนำไปสู่การสร้างข้อสรุป เมื่อนักเรียนเขียนบันทึกการเรียนรู้ที่สะท้อนถึงการรวบรวมข้อมูลและ/หรือการพิจารณาหลักฐานจากการสังเกตเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ จะสามารถแสดงออกถึงความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ในพฤติกรรมบ่งชี้ที่ 1) นำความรู้ที่เกี่ยวข้องกับหลักการ ทฤษฎี กฎ ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผล และ 2) อธิบายเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างเพื่อนำไปสู่ข้อสรุปได้ แสดงดังตัวอย่าง

บันทึกการเรียนรู้ครั้งที่ 6 เกม OMG-GMO ด่านที่ 2 OMG ตัวนี้จับอย่างไร : “ ขนาด STR ของแต่ละแอลลีลไม่เท่ากัน พอเอาไปวางเทียบกับแถบดีเอ็นเอที่กำหนด จึงมีขนาดเล็กไปใหญ่และเป็นแถบตั้งขึ้น *(องค์ประกอบที่ 1 การพิจารณาและใช้หลักฐาน พฤติกรรมบ่งชี้ที่ 1 รวบรวมข้อมูลจากการสังเกตเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์)* เมื่ออธิบายสัตว์ประหลาดที่จับได้ ก็จะตั้งชื่อ เขียนยีนและบอกว่าการหา STR ใช้เพื่อสร้างลายพิมพ์ดีเอ็นเอ ถ้าจะจับสัตว์ประหลาดตัวนี้อีกครั้งอาจต้องศึกษาว่า STR มีจำนวนซ้ำกี่ซ้ำ บนแอลลีลและนำมาเทียบกับดีเอ็นเอที่กำหนด ถ้าตรงกันทุกตำแหน่งก็จะจับสัตว์ประหลาดได้ *(องค์ประกอบที่ 3 การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานเพื่อนำไปสู่การสร้างข้อสรุป พฤติกรรมบ่งชี้ที่ 1 นำความรู้ที่เกี่ยวข้องกับหลักการ ทฤษฎี กฎ ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผล)* ”

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

นักเรียนเลขที่ 14

จากการสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ ในประเด็น 1) ขนาด STR ต่างกันทำให้แถบดีเอ็นเอมีขนาดต่างกัน นักเรียนอธิบายว่าจำนวนซ้ำของ STR บนแต่ละแอลลีล ของโครโมโซมทั้ง 5 คู่ มีความยาวของลำดับเบสแตกต่างกัน เมื่อรวบรวมข้อมูล STR ทั้งหมดแล้ว จึงนำมาสร้างลายพิมพ์ดีเอ็นเอโดยเรียงจากจำนวนซ้ำน้อยไปมากในแนวดิ่ง จึงทำให้ได้ลายพิมพ์ดีเอ็นเอของสัตว์ประหลาดดังเช่นในตำราประจำตระกูล *(องค์ประกอบที่ 1 การพิจารณาและใช้หลักฐาน พฤติกรรมบ่งชี้ที่ 1 รวบรวมข้อมูลจากการสังเกตเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์)* และประเด็นที่ 2) การอธิบายเกี่ยวกับสัตว์ประหลาดในตำราประจำตระกูล ผู้วิจัยให้นักเรียนค้นหาลายพิมพ์ดีเอ็นเอของสัตว์ประหลาดจากจำนวนซ้ำของ STR ในแต่ละแอลลีล จากโครโมโซมทั้งหมด 5 คู่ แล้วนำมาเขียนอธิบาย

ลักษณะ ระบุลายพิมพ์ดีเอ็นเอและวิธีการจับสัตว์ประหลาดตัวนี้ในกรณีที่สัตว์ประหลาดบุกโลกอีกครั้ง ลงในตำราประจำตระกูล นักเรียนอธิบายว่าลายพิมพ์ดีเอ็นเอเป็นลักษณะเฉพาะของสิ่งมีชีวิตแต่ละตัว โดยนักเรียนได้ระบุรายละเอียดลงไปในตำราประจำตระกูลว่าในกรณีที่ต้องการจับสัตว์ประหลาดตัวนี้อีกครั้งเมื่อมันบุกเข้ามายังโลก ก็จะต้องดูลักษณะของสัตว์ประหลาดที่พบเจอว่าเหมือนในตำราประจำตระกูลที่นักเรียนวาดไว้หรือไม่ จากนั้นค้นหายีนและจำนวนซ้ำของ STR บนแอลลีลก่อน ถ้าพบว่ามีจำนวนซ้ำเท่ากันทั้งหมดเมื่อนำมาหาลายพิมพ์ดีเอ็นเอก็จะได้ลายพิมพ์ดีเอ็นเอที่ตรงกัน แสดงถึงว่าสิ่งมีชีวิตที่พบเจอคือสัตว์ประหลาดตัวนี้ซึ่งสามารถจับเข้ากล่องได้ *(องค์ประกอบที่ 3 การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานเพื่อนำไปสู่การสร้างข้อสรุป พฤติกรรมบ่งชี้ที่ 1 นำความรู้ที่เกี่ยวข้องกับหลักการ ทฤษฎี กฎ ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผล)*

อีกทั้งยังเชื่อมโยงกับองค์ประกอบที่ 4 การสร้างข้อสรุป เมื่อนักเรียนเขียนบันทึกการเรียนรู้ที่สะท้อนถึงการรวบรวมข้อมูลและการพิจารณาหลักฐานจากการสังเกตเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ จะสามารถแสดงออกถึงความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในพฤติกรรมบ่งชี้ที่ 1) ลงข้อสรุปโดยใช้หลักฐานอย่างสมเหตุสมผล และ 3) ลงข้อสรุปที่เที่ยงตรงจากการสังเกต หลักฐาน และ/หรือความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้ แสดงดังตัวอย่าง

บันทึกการเรียนรู้ครั้งที่ 1 เกม COVID-19 ด่านที่ 1 สืบจากสายดีเอ็นเอ: “ ในตอนหาเอนไซม์จำเพาะแต่ละกลุ่มในหมายเลข 1-5 อาจไม่ทันเพื่อนบ้าง แต่ก็พบว่าชิ้นที่ 4 มียีนที่สามารถนำมาเป็นเซรุ่มรักษาผู้ติดเชื้อโควิดได้ ซึ่งมีเอนไซม์จำเพาะ 5 ตัว ต้องเปรียบเทียบว่าตัวใด ชนิดใดที่สามารถมาตัดต่อยีนได้ *(องค์ประกอบที่ 1 การพิจารณาและใช้หลักฐาน พฤติกรรมบ่งชี้ที่ 1 รวบรวมข้อมูลจากการสังเกตเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์)* และเลือกใช้เอนไซม์ หมายเลข 3 และ 4 เพราะเมื่อตัดบริเวณจดจำแล้วได้ชิ้นส่วนที่สั้นที่สุด *(องค์ประกอบที่ 4 การสร้างข้อสรุป พฤติกรรมบ่งชี้ที่ 1 ลงข้อสรุปโดยใช้หลักฐานอย่างสมเหตุสมผล)* ”

นักเรียนเลขที่ 38

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากการสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ ในประเด็นการเปรียบเทียบเอนไซม์ตัดจำเพาะทั้ง 5 ชนิด นักเรียนอธิบายเพิ่มเติมว่า เอนไซม์ตัดจำเพาะทั้ง 5 ชนิด มีบริเวณจดจำที่แตกต่างกัน เมื่อรวบรวมข้อมูลการตัดตำแหน่งดีเอ็นเอของแต่ละเอนไซม์แล้ว ก็จะนำมาเปรียบเทียบกันว่าเอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดใด ตัดแล้วได้สายดีเอ็นเอที่สั้นที่สุด ซึ่งคำว่าสั้นที่สุดนี้ นักเรียนอธิบายว่า สั้นที่สุดคือ

ต้องมียีนเป้าหมายและตำแหน่งตัดจำเพาะที่มีระยะห่างจากยีนเป้าหมายน้อยที่สุด และในประเด็นการเลือกใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะ นักเรียนอธิบายว่า สาเหตุที่เลือกเอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดที่ 3 และ 4 เป็นเพราะว่าเมื่อตัดชิ้นส่วนดีเอ็นเอจากทั้งสองฝั่งที่ขนาบข้างยีนเป้าหมายแล้ว จะได้สายที่สั้นกว่าการเลือกใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดอื่น จึงลงข้อสรุปเช่นนั้น สอดคล้องกับ ลฎาภา สุทธกุล และ ลือชา ลดาชาติ (2556) ที่กล่าวเกี่ยวกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ว่า การขาดการพิจารณาและใช้หลักฐานทำให้นักเรียนให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างข้อสรุปและการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานกับข้อสรุปไม่สมบูรณ์ ซึ่งกล่าวได้ว่าหลักฐานเป็นส่วนประกอบสำคัญที่จะนำไปสู่การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์องค์ประกอบอื่น และสอดคล้องกับ Opitz et al. (2017) ที่กล่าวว่าการสร้างคำตอบที่เป็นไปได้เพื่อตอบคำถามที่สงสัยนั้นใช้หลักฐานเป็นฐานในการคิด

2.2) การพยากรณ์

การกำหนดคำถามก่อนสืบสอบทำให้การพยากรณ์ดีขึ้น การที่นักเรียนกำหนดคำถามที่เกี่ยวข้องกับเรื่องราวของเกมหรือสิ่งที่เป็นเบาะแสของปัญหาในสถานการณ์ของเกมก่อนที่จะเริ่มสืบสอบนั้น จะทำให้นักเรียนได้แตกประเด็นย่อยจากปัญหาในสถานการณ์ของเกม ได้ทบทวนความเข้าใจและสิ่งที่ยังสงสัยของตนเอง ซึ่งจะนำไปสู่การพยากรณ์คำตอบที่เป็นไปได้และสืบสอบร่วมกันอย่างมีทิศทาง สอดคล้องกับ Herranen and Aksela (2019) ที่กล่าวว่าการที่นักเรียนกำหนดคำถามด้วยตนเองจะนำไปสู่การสืบสอบที่ดีได้ อีกทั้งการพยากรณ์ยังส่งเสริมแรงจูงใจในการเล่นเกมว่าคำตอบที่นักเรียนจะได้พบนั้นเป็นไปตามสิ่งที่นักเรียนพยากรณ์ไว้หรือไม่ อย่างไร ซึ่งเมื่อนักเรียนเข้าใจกติกาของเกมก็จะสามารถสืบสอบร่วมกันได้ โดยครูเป็นเพียงผู้ให้คำปรึกษาในการเล่นเท่านั้น ซึ่งถือได้ว่านักเรียนเป็นเจ้าของการเรียนรู้ของตนเองตั้งแต่เริ่มจนพบคำตอบ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการกำหนดคำถามที่ส่งเสริมการพยากรณ์และขับเคลื่อนให้เกิดการสืบสอบจากเกม ได้ดังตัวอย่างการกำหนดคำถามในใบกิจกรรมและบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน

เกม COVID-19 ด่านที่ 1 สืบจากสายดีเอ็นเอ ที่นักเรียนตั้งคำถามว่า 1) เอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดใดที่สามารถตัดแล้วได้ยีนเป้าหมายสั้นที่สุด 2) จะใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดเดียวกันตัดเส้นดีเอ็นเอได้หรือไม่และ 3) ยีนเป้าหมายของสิ่งมีชีวิตที่สามารถนำมากำจัดเชื้อโควิด 19 ได้ดีที่สุด คือยีนที่อยู่ในพืชใช่หรือไม่ ซึ่งจะนำไปสู่การพยากรณ์ของนักเรียนที่พบในบันทึกการเรียนรู้ครั้งที่ 1 เกม COVID-19 ด่าน 1 สืบจากสายดีเอ็นเอที่ว่า

“ ถ้าใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะที่มีบริเวณจดจำใกล้กับยีนเป้าหมายอาจจะสามารถตัดดีเอ็นแล้วได้สายที่สั้นที่สุด ” *(ระบุการคาดคะเนหรือพยากรณ์ผลที่จะเกิดจากการสังเกตเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์)*

ซึ่งสอดคล้องกับการกำหนดคำถามข้อที่ 1 โดยเมื่อได้สายดีเอ็นเอแล้วนักเรียนจะคาดคะเนต่อไปอีกว่ามีบริเวณจดจำหรือเอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดอื่นอีกหรือไม่ที่สามารถตัดสายดีเอ็นเอได้ โดยในบันทึกการเรียนรู้นักเรียนระบุว่า

“ เอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดที่ 3 และ 5 สามารถตัดสายดีเอ็นเอได้ แต่ยังยาวเกินไป คิดว่ามีตัวที่สั้นกว่านี้ *(ระบุความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลที่เกิดขึ้นโดยใช้หลักฐานเป็นฐานในการคิด)* ”

นักเรียนเลขที่ 26

สอดคล้องกับ Lawson (2005) ที่กล่าวว่าการสังเกตปริศนาที่ทำให้เกิดความงุนงงและพยายามตอบจากคำถามที่สงสัยภายในจิตใจของบุคคลเพื่อแก้ไขหรือแทนที่แบบจำลองทางจิตนั้นจะส่งผลให้เกิดการพยากรณ์ โดยการพยากรณ์จะถูกเปรียบเทียบกับผลที่สังเกตได้เพื่อตรวจสอบสมมติฐาน และสอดคล้องกับ Sintonen (2004) ที่กล่าวว่า การตั้งคำถามเป็นแนวทางที่นำไปสู่การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบสมมตินัย (Abduction Reasoning) ทั้งการสร้างคำตอบและการประเมินเบื้องต้น โดยตรรกะของคำถามสามารถพัฒนาเป็นตรรกะหรือวิธีการค้นพบและการให้เหตุผลในบริบทของวิทยาศาสตร์ได้ และเมื่อเกิดข้อจำกัดของคำถามที่ยังไม่สามารถหาคำตอบได้จะชี้นำให้เกิดการก่อตัวของสมมติฐานที่เฉพาะเจาะจงมากขึ้น อีกทั้งคำถามยังมีบทบาทสำคัญที่จะนำไปสู่การสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ได้อีกด้วย และยังสอดคล้องกับ Ketelhut et al. (2010) ที่จัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานโดยให้นักเรียนสังเกตและตั้งคำถามที่สงสัยจากข้อมูลที่เป็นเบาะแสของปัญหาและนำมาสร้างสมมติฐานบนพื้นฐานการรวบรวมหลักฐานเพื่อพยากรณ์สิ่งที่นักเรียนคิดว่าเป็นสาเหตุของปัญหาและประเมินสมมติฐานอีกครั้งในแง่ของผลลัพธ์ของการทดสอบ

2.3) การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานเพื่อนำไปสู่การสร้างข้อสรุป

1) การสร้างแบบจำลองทางความคิด ทำให้นักเรียนเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและข้อสรุปได้ดีขึ้น โดยนักเรียนที่มีการวาดภาพสถานการณ์ที่ค้นพบ ตัวละครที่ดำเนินอยู่ในสถานการณ์ต่าง ๆ หรือเขียนแผนภาพ สัญลักษณ์ แสดงเรื่องราวเพื่อใช้เป็นตัวแทนของสถานการณ์

สิ่งของ หรือกระบวนการของเกม จะสามารถอธิบายเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างได้อย่างชัดเจน และสามารถใช้ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับหลักการ ทฤษฎี กฎ ทางวิทยาศาสตร์มาสร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผลตามความเข้าใจของตนเองได้ แสดงดังตัวอย่าง

บันทึกการเรียนรู้ครั้งที่ 4 เกม Hunting down a killer : " กิจกรรมเริ่มจากให้หาฆาตกรโดยใช้ดีเอ็นเอในที่เกิดเหตุ โดยกลุ่มเรานำเหตุการณ์มาเรียงกันและเขียนเป็นทามไลน์ว่าอะไรเกิดก่อนหลัง โดยเพื่อนในกลุ่มวาดภาพตัวละครและใช้ลูกศรชี้ว่าแต่ละคนทำอะไร ที่ไหน กับใคร เวลากี่โมง ทำให้เราหาความสัมพันธ์ของแต่ละคนได้เร็ว *(ระบุ ใช้ และสร้างแบบจำลอง และนำเสนอข้อมูลเพื่อใช้ในการอธิบาย)* ในตอนแรกพบว่าน้ำฟ้าเป็นคนทำ แต่เมื่อตรวจลำดับนิวคลีโอไทป์พบว่าน้ำฟ้ามีอาการผิดปกติ (เป็นโรค) และไม่สามารถก่อเหตุได้ *(นำความรู้ที่เกี่ยวข้องกับหลักการ ทฤษฎี กฎทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผล)* เมื่อสืบหาต่อพบว่าป้าต้อยเป็นผู้ก่อเหตุ เพราะมีเหตุจูงใจในการหึงหวงและยังพบลายนิ้วมือที่เป็นหลักฐานสำคัญ *(อธิบายเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างเพื่อนำไปสู่ข้อสรุป)* "

นักเรียนเลขที่ 18

สอดคล้องกับ Norman (1983) ที่กล่าวเกี่ยวกับแบบจำลองทางความคิดว่า ผู้คนจะสร้างแบบจำลองทางความคิด (mental models) ภายในจิตใจของตนเองและสิ่งที่พวกเขามีปฏิสัมพันธ์ด้วย แบบจำลองเหล่านี้ส่งผลให้เกิดการพยากรณ์และการอธิบายเพื่อทำความเข้าใจปฏิสัมพันธ์ และสอดคล้องกับ Kulgemeyer and Schecker (2013) ที่กล่าวเกี่ยวกับการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ว่าเป็นการสื่อสารที่เกี่ยวข้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การเขียน การพูด โดยผู้ส่งสารอาจเลือกใช้คำหรือตัวอย่างที่ผู้รับสารเข้าใจได้ง่ายและเกิดเข้าใจตรงกันกับผู้ส่งสารและตรงกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2) การสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการทำให้นักเรียนอธิบาย องค์ประกอบที่ 3 การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานเพื่อนำไปสู่การสร้างข้อสรุปได้ชัดเจนขึ้น จากบันทึกการเรียนรู้พบว่านักเรียนบางส่วนเขียนอธิบายเกี่ยวกับประสบการณ์ที่ได้รับจากการเรียนรู้ที่แสดงออกถึงการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ในองค์ประกอบที่ 3 การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานเพื่อนำไปสู่การสร้างข้อสรุปไม่สมบูรณ์ แต่เมื่อได้รับการสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ พบว่านักเรียนสามารถ

อธิบายด้วยคำพูดที่สอดคล้องกับพฤติกรรมบ่งชี้ในองค์ประกอบที่ 3 การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานเพื่อนำไปสู่การสร้างข้อสรุปได้อย่างสมบูรณ์มากขึ้น ทั้งนี้เป็นเพราะการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานเพื่อนำไปสู่การสร้างข้อสรุปนั้นเป็นสิ่งที่สามารถสื่อสารด้วยคำพูดได้ตรงกับสิ่งที่นักเรียนคิดมากกว่าการเขียนอธิบาย ประกอบกับช่วงอายุของนักเรียนที่จัดอยู่ใน Gen Z ซึ่งชอบความรวดเร็วในการสื่อสารและมักไม่อธิบายเป็นข้อความยาว ๆ แต่จะชอบสื่อสารโดยการพูดหรือใช้สัญลักษณ์แทนความคิด ความรู้สึก เช่น สติกเกอร์ อิโมจิ เป็นต้น จึงทำให้นักเรียนอธิบายเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและข้อสรุปโดยใช้การพูดได้ดีกว่าการเขียน แสดงดังตัวอย่าง

บันทึกการเรียนรู้ครั้งที่ 2 เกม COVID-19 ด่าน 2.1 การโคลนยีนด้วยพลาสมิดของแบคทีเรีย : " สมาชิกในกลุ่มพูดคุยเกี่ยวกับตำแหน่งของเบสที่เป็นพาลินโดรมในการหาบริเวณจดจำของเอนไซม์ตัดจำเพาะและเปิดแผ่นป้ายดีเอ็นเอทีละแผ่น โดยสมาชิกจะค้นหาและร่วมกันอธิบายว่าชิ้นส่วนดีเอ็นเอนั้นมีบริเวณจดจำของเอนไซม์ตัดจำเพาะใดบ้าง จะเลือกใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดใดที่จะทำให้ได้สายดีเอ็นเอนที่มียีนที่ต้องการและเป็นสายสั้นที่สุดเพื่อนำไปต่อกับเวกเตอร์และสร้างดีเอ็นเอลูกผสม "

เมื่อสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ ในประเด็นการเลือกเอนไซม์ตัดจำเพาะ นักเรียนอธิบายว่าการเลือกเอนไซม์ตัดจำเพาะนั้นต้องเข้าใจตำแหน่งของเบสที่เป็นพาลินโดรมก่อน จึงจะทำให้ค้นพบบริเวณจดจำได้เร็วขึ้น ซึ่งการตัดตำแหน่งที่ใกล้ยีนเป้าหมายที่สุดจะต้องตัดทั้งฝั่งซ้ายและขวาโดยไม่จำเป็นต้องใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดเดียวกัน *(นำความรู้ที่เกี่ยวข้องกับหลักการ ทฤษฎี กฎทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผล)*

นักเรียนเลขที่ 20

จากผลการสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ พบว่านักเรียนสามารถอธิบายเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและข้อสรุปได้ชัดเจนขึ้น เช่น ในบันทึกการเรียนรู้นักเรียนเขียนว่า " ร่วมกันอธิบายว่าชิ้นส่วนดีเอ็นเอนั้นมีบริเวณจดจำของเอนไซม์ตัดจำเพาะใดบ้าง จะเลือกใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดใดที่จะทำให้ได้สายดีเอ็นเอนที่มียีนที่ต้องการและเป็นสายที่สั้นที่สุด " ซึ่งเป็นการเขียนในลักษณะบรรยายถึงกิจกรรมที่ปฏิบัติโดยไม่ได้สะท้อนถึงความเข้าใจและการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในขณะทำกิจกรรม แต่เมื่อสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการพบว่านักเรียนอธิบายเกี่ยวกับ

หลักการทำงานของเอนไซม์ตัดจำเพาะและการเลือกเอนไซม์ตัดจำเพาะได้ถูกต้องและสอดคล้องกับองค์ประกอบที่ 3 การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานเพื่อนำไปสู่การสร้างข้อสรุป ซึ่งทำให้ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลได้ใกล้เคียงกับสิ่งที่นักเรียนต้องการสื่อสารและได้ข้อมูลที่มากกว่าการอ่านบันทึกการเรียนรู้เพียงอย่างเดียว สอดคล้องกับ Jin et al. (2016) ที่ใช้การสัมภาษณ์เพื่อเปรียบเทียบการโต้แย้งและการอธิบายของนักเรียนในประเทศจีนและสหรัฐอเมริกา เนื่องจากนักเรียนมักอธิบายในสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้องกับกลไกทางวิทยาศาสตร์และมีปัญหาในการโต้แย้งด้วยคำพูด ซึ่งการสัมภาษณ์ช่วยให้เก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการโต้แย้งและการอธิบายของนักเรียนได้ชัดเจนขึ้น

2.4) การสร้างข้อสรุป

1) การเชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างหรือหลักฐานเข้ากับหลักการ ทฤษฎี กฎ ทางวิทยาศาสตร์จะทำให้นักเรียนสร้างข้อสรุปที่สมเหตุสมผลมากขึ้น นักเรียนส่วนใหญ่สามารถสร้างข้อสรุปของตนเองได้ภายหลังจากการเล่นเกม ซึ่งพบว่าข้อสรุปของนักเรียนบางส่วน สร้างขึ้นเพื่ออธิบายสถานการณ์ของเกมโดยขาดการเชื่อมโยงกับเนื้อหาในบทเรียนและในหลายครั้งที่พบว่านักเรียนสะท้อนเกี่ยวกับการสร้างข้อสรุปที่ไม่สมเหตุสมผลลงในบันทึกการเรียนรู้โดยขาดการเชื่อมโยงหลักฐานหรือข้อกล่าวอ้างที่พบในสถานการณ์หรือข้อมูลในเกมกับหลักการทฤษฎี กฎ ทางวิทยาศาสตร์ ทำให้ข้อสรุปนั้นสอดคล้องกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วน ซึ่งนักเรียนที่เขียนบันทึกการเรียนรู้ที่สะท้อนถึงการเชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างหรือหลักฐานเข้ากับหลักการ ทฤษฎี กฎ ทางวิทยาศาสตร์ จะสามารถสร้างข้อสรุปได้สมเหตุสมผลและเป็นคำตอบที่ดีของการเล่นเกม แสดงดังตัวอย่าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บันทึกการเรียนรู้ครั้งที่ 2 เกม COVID-19 ด่าน 2.1 การโคลนยีนด้วยพลาสมิดของแบคทีเรีย : " ตัดต่อยีนหรือ DNA ที่ต้องการด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดที่ 3 และ 4 แล้วนำมาต่อกับ DNA พาหะ เช่น พลาสมิด โดยตัดพลาสมิดและดีเอ็นเอด้วยเอนไซม์ชนิดเดียวกัน จะทำให้เชื่อมตำแหน่งพาลินโดรมได้พอดีและได้สายดีเอ็นเอลูกผสมที่สั้นที่สุด *(ลงข้อสรุปโดยใช้หลักฐานอย่างสมเหตุสมผล)* และนำไปใส่เข้าเซลล์เจ้าบ้านเพื่อให้เกิดการโคลน "

นักเรียนเลขที่ 14

จากการเขียนอธิบายของนักเรียนพบว่ามีการวิเคราะห์หลักฐานจากตำแหน่งพาลินโดรม ซึ่งเป็นตำแหน่งที่จำเพาะต่อเอนไซม์ตัดจำเพาะแต่ละชนิด โดยเมื่อตัดยีนเป้าหมายบนเส้นดีเอ็นเอและดีเอ็นเอพาหะด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดเดียวกันแล้วจะสามารถนำมาเชื่อมต่อกันได้พอดี อีกทั้งยังสามารถระบุชนิดของเอนไซม์ตัดจำเพาะที่ทำให้ได้ดีเอ็นเอลูกผสมสายสั้นที่สุด โดยเชื่อมโยงกับหลักการของพันธุวิศวกรรม การโคลนยีนและการทำงานของเอนไซม์ตัดจำเพาะ ทำให้การเขียนบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียนครอบคลุมและสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

อีกทั้งในแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียน พบว่านักเรียนที่อธิบายคำตอบเกี่ยวกับองค์ประกอบที่ 4 การสร้างข้อสรุปได้สมบูรณ์ มักจะมีการเชื่อมโยงหลักฐานหรือข้อกล่าวอ้างเข้ากับหลักการทฤษฎี กฎ ทางวิทยาศาสตร์ จึงทำให้คะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงขึ้น แสดงดังตัวอย่าง แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียน บทความที่ 6 เลือกบริโภคแมงดาผิด มีพิษถึงตาย ข้อที่ 15

" ลักษณะภายนอกที่พบนั้นเป็นลักษณะของแมงดาจานและอาการดังกล่าวก็เกิดจากการแพ้แมงดาจาน ซึ่งมักจะขึ้นมาวางไข่ช่วงเดือนเมษายน ถึงแม้แมงดาจานจะสามารถกินได้แต่ก็ยังมิพิษเล็กน้อย จะทำให้เกิดอาการดังผื่นแดงที่ขึ้นตามข้อพับ แขนและขา รวมถึงอาการคันที่ผิวหนังได้ จึงไม่ควรบริโภคแมงดาในช่วงเดือนเมษายน *(ลงข้อสรุปโดยใช้หลักฐานอย่างสมเหตุสมผล)* "

นักเรียนเลขที่ 30

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากคำตอบของนักเรียน พบว่านักเรียนมีการเชื่อมโยงหลักการและแนวคิดเกี่ยวกับลักษณะของแมงดาจาน เข้ากับตัวอย่างที่โจทย์กำหนด ทั้งยังอธิบายอาการที่เกิดขึ้นหลังจากบริโภคแมงดาจานได้สอดคล้องกับแนวคิดของทางวิทยาศาสตร์ในบทความ จึงทำให้นักเรียนอธิบายและสรุปคำตอบได้ชัดเจน สอดคล้องกับ Lawson (2009) ที่กล่าวเกี่ยวกับการให้เหตุผลแบบอุปนัยว่า เป็นการให้เหตุผลที่ช่วยเพิ่มความมั่นใจในการยืนยันว่าข้อสรุปนั้นเป็นสิ่งที่ถูกต้องด้วยการเพิ่มส่วนที่สนับสนุนหรือข้อโต้แย้ง อีกทั้งยังเป็นการเชื่อมโยงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุที่ได้จากการสังเกตหลักฐานตามสถานการณ์ก่อนที่จะลงข้อสรุป

2) การสร้างข้อสรุปย่อยจากเหตุการณ์จะนำไปสู่การสร้างข้อสรุปที่สมเหตุสมผลของเหตุการณ์ทั้งหมดได้ นักเรียนที่สรุปประเด็นย่อยในระหว่างที่เล่นเกมจะสามารถสรุปเหตุการณ์ทั้งหมดได้อย่างครอบคลุม เนื่องจากการสรุปในประเด็นย่อยนั้นทำให้นักเรียนพบจุดสิ้นสุดของเหตุการณ์และในบางครั้งนักเรียนจะนำข้อสรุปย่อยที่ได้ไปสังเคราะห์สร้างข้อสรุปสุดท้ายก่อนที่จะจบเกม ทำให้การเล่นดำเนินไปอย่างมีทิศทางและสามารถสรุปเกมได้สมเหตุสมผล ตัวอย่างเช่น

บันทึกการเรียนรู้ครั้งที่ 7 เกม Emoji : " ในตอนวิเคราะห์เทคโนโลยีกับเหตุการณ์ต่าง ๆ ผลที่ได้บางครั้งอาจดูไม่สมเหตุสมผลเนื่องจากมีการถกเถียงกันและยึดตามเสียงข้างมาก เราจึงวิเคราะห์ทีละส่วนก่อนที่จะวิเคราะห์รวมกันอีกครั้งและเสนอแนวทางในการตัดสินใจว่าจะเลือกหรือไม่เลือกใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอนั้นแก้ปัญหา เมื่อจบเกมเราต้องสรุปเกี่ยวกับเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอโดยเราใช้ข้อสรุปจากเหตุการณ์ที่คล้ายกันมารวมกันเพื่อสรุปครั้งสุดท้ายว่าเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอที่ควรและไม่ควรทำเราใช้สิ่งใดตัดสิน "

นักเรียนเลขที่ 28

จากบันทึกการเรียนรู้พบว่า นักเรียนมีการระบุและวิเคราะห์ในประเด็นย่อยของเหตุการณ์ก่อนที่จะนำข้อสรุปจากประเด็นย่อยมาตัดสินใจเลือกใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอในการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นวิธีที่นักเรียนใช้เพื่อลดการสรุปที่ไม่สมเหตุสมผลที่เกิดจากเสียงข้างมากในการลงความเห็นของสมาชิกในกลุ่ม และยังใช้วิธีการนี้ในการสร้างข้อสรุปเมื่อจบเกม โดยนักเรียนจะใช้ข้อสรุปที่ได้จากการเปิดไพ่เหตุการณ์ทั้งหมดมาจัดกลุ่มและหาจุดร่วมของข้อสรุปที่คล้ายกันเพื่อสร้างข้อสรุปเกี่ยวกับเกณฑ์ในการตัดสินใจเลือกใช้หรือไม่ใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นในการแก้ปัญหา สอดคล้องกับ Overholser (1993) ที่กล่าวเกี่ยวกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบอุปนัยว่า เกิดจากการรวบรวมหลักฐานทีละน้อยเพื่อนำมาจัดรูปแบบของเหตุการณ์ก่อนที่จะสร้างข้อสรุป ซึ่งตั้งอยู่บนพื้นฐาน 3 อย่างคือ 1) การสรุปความทั่วไปจากการจำแนกรูปแบบ เป็นการจำแนกรูปแบบเพื่อสนับสนุนข้อสรุปเกี่ยวกับกลุ่มของเหตุการณ์ทั้งหมด ซึ่งต้องรวบรวมข้อมูลเข้าเป็นหน่วยเดียวกันและจำแนกข้อมูลออกเป็นหมวดหมู่เพื่อลดจำนวนข้อมูลที่ต้องทำความเข้าใจ 2) การให้เหตุผลเชิงเปรียบเทียบ เป็นการถ่ายโอนความรู้จากสถานการณ์ที่คุ้นเคยไปสู่สถานการณ์ใหม่ และ 3) การให้เหตุผลกำจัดปัจจัยเชิงสาเหตุ เป็นการจัดการสภาพแวดล้อมเพื่อตรวจสอบสาเหตุที่เป็นไปได้ของสถานการณ์ที่เป็นปัญหาเฉพาะ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.5 การเปลี่ยนแปลงระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

จากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ภายหลังจากการจัดการเรียนรู้ ซึ่งสามารถอภิปรายผลการวิจัยได้เป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 เปลี่ยนแปลงความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สู่ระดับที่สูงขึ้น โดยพบว่านักเรียนจำนวน 27 คน คิดเป็นร้อยละ 67.5 มีระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้น ซึ่งแบ่งได้เป็นระดับต่ำเปลี่ยนเป็นระดับกลาง จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 10, ระดับต่ำเปลี่ยนเป็นระดับสูง จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 7.5, และระดับกลางเปลี่ยนเป็นระดับสูง จำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 50 ซึ่งเป็นผลมาจาก

1) ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้สืบสอบจากเกมอย่างเป็นระบบ โดยเริ่มจากการค้นหาและประเมินหลักฐานจากสถานการณ์ของเกม การตั้งคำถามจากความสงสัยในสถานการณ์ของเกม การสืบสอบร่วมกันจากเกม การอภิปรายและโต้แย้งในกลุ่มย่อยเพื่อสร้างข้อสรุป ซึ่งทำให้นักเรียนให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างชัดเจนและครอบคลุม สอดคล้องกับ Zimmerman (2005) ที่กล่าวว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นทักษะการคิดและการให้เหตุผลเชิงอุปนัยและนิรนัย ซึ่งเกี่ยวข้องกับทักษะการสืบสอบ การประเมินหลักฐาน การอนุมาน และการโต้แย้ง รวมถึงการเปลี่ยนแปลงแนวคิดหรือความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์

2) การสืบสอบและโต้แย้งเกี่ยวกับหลักฐานก่อนนำไปสร้างข้อสรุป โดยพบว่านักเรียนในกลุ่มนี้มีความกระตือรือร้นในการสืบสอบและมักเป็นผู้นำในการโต้แย้งเกี่ยวกับหลักฐานหรือเบาะแสของปัญหาในสถานการณ์เกม จึงทำให้ได้ฝึกการรวบรวม วิเคราะห์และประเมินหลักฐาน ฝึกการเชื่อมโยงหลักฐานที่พบกับหลักการ ทฤษฎี กฎทางวิทยาศาสตร์ ก่อนที่จะลงข้อสรุปอย่างเที่ยงตรงและสมเหตุสมผล เมื่อนักเรียนได้ฝึกปฏิบัติเช่นนี้ในทุกเกมก็จะทำให้มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ Schen (2007) ที่กล่าวว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ผ่านการให้เหตุผลเชิงอุปนัยและนิรนัยและการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ โดยมีหลักฐานยืนยันในการตรวจสอบ

กลุ่มที่ 2 เปลี่ยนแปลงความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สู่ระดับที่ต่ำลง โดยพบว่ามีนักเรียนจำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 2.5 ที่ลดระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จากระดับกลางเป็นระดับต่ำ ซึ่งเป็นผลมาจากการที่นักเรียนขาดการพิจารณาหลักฐานที่พบในเกม ทำให้นักเรียนไม่สามารถให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบอื่นได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากการสังเกตของผู้วิจัยขณะจัดการเรียนรู้ พบว่านักเรียนเป็นคนขี้อาย ไม่กล้าแสดงออก และเมื่อถึงช่วงเวลาที่ต้องโต้แย้งเพื่อพิจารณาหลักฐานกับเพื่อนในกลุ่ม นักเรียนก็จะเป็นผู้ฟังที่ดีและมักไม่แสดงความคิดเห็นของตนเอง จึงส่งผลให้ระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนลดลง สอดคล้องกับ ลฎาภา สุทธกุล และ ลือชา ลดาชาติ (2556) ที่กล่าวเกี่ยวกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ว่า การขาดการพิจารณาและใช้หลักฐานทำให้นักเรียนให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างข้อสรุปและการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานกับข้อสรุปไม่สมบูรณ์ ซึ่งกล่าวได้ว่าหลักฐานเป็นส่วนประกอบสำคัญที่จะนำไปสู่การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์องค์ประกอบอื่น

กลุ่มที่ 3 ไม่มีการเปลี่ยนแปลงระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยพบว่ามีนักเรียนจำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 30 ที่ระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์คงที่ โดยคงที่ที่ระดับต่ำ จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 20, คงที่ที่ระดับกลาง จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 7.5 และคงที่ที่ระดับสูง จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 2.5 ซึ่งเป็นผลมาจาก

1) นักเรียนที่ระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์คงที่อยู่ในระดับต่ำ เนื่องจากนักเรียนกลุ่มนี้ขาดความกระตือรือร้นในการทำความเข้าใจปัญหาในสถานการณ์ของเกม และมักไม่กำหนดคำถามก่อนการสืบสอบ ทำให้ไม่สามารถกำหนดทิศทางในการสืบสอบจากเกมได้ อีกทั้งยังพบว่านักเรียนขาดการจดบันทึกเกี่ยวกับหลักฐานที่พบในระหว่างการสืบสอบจากเกม จึงส่งผลให้นักเรียนสร้างข้อสรุปโดยไม่อ้างหลักฐาน และมีความคลาดคลื่อนไปจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับ Herranen and Aksela (2019) ที่กล่าวเกี่ยวกับการกำหนดคำถามไว้ว่าคำถามเป็นจุดเริ่มต้นในการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งคำถามของนักเรียนยังเชื่อมโยงและสนับสนุนทักษะการคิด การพูด การอภิปราย การโต้แย้งหรือการให้เหตุผล อีกทั้งยังมีความสำคัญในการอธิบายปรากฏการณ์และปรับปรุงการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้อีกด้วยและ Lawson (2009) ที่กล่าวเกี่ยวกับการให้เหตุผลแบบอุปนัยว่า เป็นการเชื่อมโยงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุที่ได้จากการสังเกตหลักฐานตามสถานการณ์ก่อนที่จะลงข้อสรุปและ Overholser (1993) ที่กล่าวเกี่ยวกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบอุปนัยว่า เกิดจากการรวบรวมหลักฐานทีละน้อยเพื่อนำมาจัดรูปแบบของเหตุการณ์ก่อนที่จะสร้างข้อสรุป

2) นักเรียนที่ระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์คงที่อยู่ในระดับกลาง ซึ่งเกิดจากนักเรียนขาดการตีความหลักฐานในสถานการณ์ของเกม โดยพบว่านักเรียนในกลุ่มนี้

สามารถให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในบางสถานการณ์ที่ไม่ซับซ้อนได้ แต่ในสถานการณ์ที่แปลกใหม่ สถานการณ์ที่ต้องใช้จินตนาการ หรือมีความซับซ้อน นักเรียนจะให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้น้อยและไม่ครอบทุกองค์ประกอบ สอดคล้องกับ Lawson (2009) ที่กล่าวเกี่ยวกับการตีความหลักฐานในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ว่า การพิจารณาหลักฐานตามสถานการณ์ทำให้นักวิทยาศาสตร์ให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จากการสังเกตปรากฏการณ์ทางธรรมชาติได้ โดยนักเรียนที่ขาดการตีความและทำความเข้าใจสถานการณ์ของเกม จะส่งผลให้นักเรียนให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ไม่สมบูรณ์ตามไปด้วย

3) นักเรียนที่ระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์คงที่อยู่ในระดับสูง เนื่องจากนักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับหลักฐานและสถานการณ์ต่าง ๆ ของเกม รวมถึงมีการสืบค้นข้อมูลจากใบความรู้ประกอบเกมและนำมาเป็นหลักฐานอ้างอิงสู่ข้อสรุป อีกทั้งยังมีทักษะในการเขียนสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ที่ดี จึงเขียนบันทึกการเรียนรู้ได้ชัดเจน ตรงประเด็น ทำให้นักเรียนสามารถให้เหตุผลได้อย่างเป็นธรรมชาติ และประยุกต์ความรู้เพื่อใช้ในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี ซึ่งสอดคล้องกับ Lawson (2009) ที่กล่าวเกี่ยวกับการใช้หลักฐานในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ว่า การพิจารณาหลักฐานตามสถานการณ์ทำให้นักวิทยาศาสตร์ให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จากการสังเกตปรากฏการณ์ทางธรรมชาติได้ โดยเมื่อนักวิทยาศาสตร์สังเกตหลักฐานจากปัญหาที่งุนงงจะใช้การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบสมมตินัย (Abduction Reasoning) ในการเชื่อมโยงหลักฐานและข้อมูลที่ได้จากการสังเกตและสร้างคำอธิบายต่อปัญหาจากนั้นจะใช้การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบแบบอธิบาย (Retroduction Reasoning), แบบนิรนัย (Deductive Reasoning) และแบบอุปนัย (Inductive Reasoning) ร่วมกับกรอบแนวคิด ถ้า (If)/ แล้ว (then)/ ดังนั้น (Therefore) ในการขับเคลื่อนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ จึงทำให้ค้นพบความรู้ใหม่ทางวิทยาศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะสำหรับครูในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1) ครูที่จะนำขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานไปใช้ ควรศึกษาความหมายและหลักการของการจัดการเรียนรู้ให้เข้าใจ และควรให้ความสำคัญกับการสืบสอบจากเกม เนื่องจากช่วยส่งเสริมนักเรียนให้สามารถให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ครบทุกองค์ประกอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2) ควรวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในหลากหลายรูปแบบ เช่น แบบวัดแบบเลือกตอบ แบบเขียนตอบ และแบบสัมภาษณ์ เนื่องจากนักเรียนที่มีช่วงอายุอยู่ในกลุ่ม Gen Z มักชอบความรวดเร็วในการสื่อสารและบางครั้งพูดอธิบายได้ดีกว่าเขียน

3) ควรให้ความสำคัญกับการนำเสนอสถานการณ์ที่ทำให้นักเรียนเกิดความขัดแย้งทางปัญญาและอยากที่หาคำตอบ และกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถามด้วยตนเอง เนื่องจากนักเรียนจะเกิดการพิจารณาหลักฐานก่อนที่จะสืบสอบจากเกมและสามารถพัฒนาระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้

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

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3) ขนาดของเกมกระดานที่เหมาะสมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานที่มีผู้เล่น กลุ่มละไม่เกิน 4 คน สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย คือ กว้าง 20.75 นิ้ว และยาว 31 นิ้ว ซึ่งเป็นพื้นที่ที่นักเรียนสามารถเคลื่อนที่และทำกิจกรรมได้อย่างสะดวก

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1) ควรศึกษาผลของการใช้แบบจำลองทางความคิดและ/หรือการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ที่มีต่อการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เนื่องจากพบว่าสามารถส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบที่ 3 การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานเพื่อนำไปสู่การสร้างข้อสรุปได้

2) ควรศึกษาผลของการสร้างข้อสรุปย่อยของเหตุการณ์ที่มีต่อการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เนื่องจากพบว่าการสร้างข้อสรุปย่อยนั้นส่งผลต่อการสร้างข้อสรุปที่สมเหตุสมผลในองค์ประกอบที่ 4 การสร้างข้อสรุป ของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้

3) ควรศึกษาวิธีการส่งเสริมให้นักเรียนพิจารณาและใช้หลักฐาน เนื่องจากพบว่าเป็นองค์ประกอบที่ส่งเสริมให้เกิดการพยากรณ์ การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานสู่การสร้างข้อสรุปและ การสร้างข้อสรุป ซึ่งทำให้นักเรียนพัฒนาระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

กิรติ บุญเจือ. (2550). ตรรกวิทยา และตรรกวิทยาสัญลักษณ์เบื้องต้น (พิมพ์ครั้งที่ 2). สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์. (2550). มุมมองของนิสิตสาขาการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีต่อการเขียนอนุทิน. ในเรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ *45:* สาขาศึกษาศาสตร์ สาขาเศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ (หน้า 20-31). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์;สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา;กระทรวงศึกษาธิการ;กระทรวงเกษตรและสหกรณ์;กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี;กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม;กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร;สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ;สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. https://kukr.lib.ku.ac.th/kukr_es/index.php?/BKN/search_detail/result/10535

จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช. (2542). แนวคิดวิทยาศาสตร์: กระบวนการพื้นฐานในการวิจัย. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จุฬาลักษณ์ ยิ้มดี. (2556). ผลของการเรียนการสอนโดยใช้ขั้นการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้นที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชานนท์ คำปิวทา. (2561). การพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบ การสอนแบบสร้างข้อโต้แย้ง เรื่อง ระบบย่อยอาหาร สาหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วารสารพัฒนาการเรียนการสอน มหาวิทยาลัยรังสิต, *12*(1).

ณรงค์ชัย พงษ์ธะนะ. (2559). ผลของการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมินที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาตอนปลาย [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทิศนา แขมมณี. (2560). ศาสตร์การสอน : องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ (พิมพ์ครั้งที่ 21). สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธิติมา ไชยมงคล. (2562). รู้ทันปัญหา Gen Z เป็นเรื่องง่าย ๆ แค่เข้าใจ. https://www.prachachat.net/csr-hr/news-382415

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

นลีนี สอนชา. (2561). ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในวิชาชีววิทยา ในเรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ *56*: สาขาศึกษาศาสตร์, สาขาเศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ, สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์. https://doi.org/10.14457/KU.res.2018.36

พิชญา ศิลาม่อม. (2561). ผลการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พิมพ์พันธ์ เตชะคุปต์. (2544). การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ : แนวคิด วิธีและเทคนิคการสอน *1*. เดอะมาสเตอร์กรุ๊ฟแมนเนจเม้นท์.

ภคพร อิสระ. (2557). ผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบมีการโต้แย้งร่วมกับเทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีและความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภพ เลาหไพบูลย์. (2534). การสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษา. โรงพิมพ์เชียงใหม่คอม เมอร์เชียล.

รัชกร เวชวรนันท์. (2562). การพัฒนาทักษะการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ผ่านการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้เกมเป็นฐานของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 20, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ลฎาภา สุทธกุล และ ลือชา ลดาชาติ. (2556). การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. วารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร, *21*(3).

ลือชา ลดาชาติ และ ลฎาภา ลดาชาติ. (2563). ว่าด้วยธรรมชาติของสมมติฐานทางวิทยาศาสตร์และการนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, *22*(1), 355-365.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2556). ตัวอย่างข้อสอบโครงการ *TIMSS 2011* วิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ *2*. บริษัท แอดวานซ์ พริ้นติ้ง เซอร์วิส จำกัด. http://timssthailand.ipst.ac.th/timss/released-items/isbn-9786167235530

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560a). กรอบโครงสร้างการประเมินผลนักเรียนโครงการ *PISA 2015*. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560b). รายงานการวิจัยโครงการ *TIMSS 2015* http://timssthailand.ipst.ac.th/timss/reports/timss2015report

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2563). ผลการประเมิน *PISA 2018:* นักเรียนไทย

วัย *15* ปี รู้และทำอะไรได้บ้าง. https://pisathailand.ipst.ac.th/issue-2019-48/

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2556). นิยามความสามารถของผู้เรียน ด้านภาษา ด้านคำนวณ และด้านเหตุผล โครงการประกันคุณภาพการศึกษาและการประเมินผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียน. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

สุคนธ์ สินธพานนท์. (2545). การจัดกระบวนการเรียนรู้ : เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน. อักษรเจริญทัศน์.

อัมรินทร์ทีวี. (2562). คนป่วยแห่กินฉี่จักจั่นไม่หยุด อ้างอัมพฤกษ์หาย เพราะน้ำศักดิ์สิทธิ์. https://www.amarintv.com/news-update/news-17722/348774/

ภาษาต่างประเทศ

Adey, P., & Shayer, M. (1990). Accelerating the development of formal thinking in middle and high school students. *Journal of Research in Science Teaching*, *27*(3), 267-289.

Anupam, A., Gupta, S., Naeemi, A., & Parvin, N. (2019). *Beyond Motivation and Memorization: Fostering Scientific Inquiry with Games* Extended Abstracts of the Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play Companion Extended Abstracts, Barcelona, Spain.

Bao, L., Cai, T., Koenig, K., Fang, K., Han, J., Wang, J., Liu, Q., Ding, L., Cui, L., Luo, Y., Wang, Y., Li, L., & Wu, N. (2009). Learning and scientific reasoning. *Science 323*(5914), 586-587. https://doi.org/10.1126/science.1167740

Benford, R., & Lawson, A. E. (2001). Relationships between effective inquiry use and the development of scientific reasoning skills in college biology labs.

Brown, N. J. S., Nagashima, S. O., Fu, A., Timms, M., & Wilson, M. (2010). A Framework for Analyzing Scientific Reasoning in Assessments. *Education Assessment*, *15*(3-4), 142-174. https://doi.org/10.1080/10627197.2010.530562

Casanoves, M., Salvadó, Z., González, Á., Valls, C., & Novo, M. T. (2017). Learning genetics through a scientific inquiry game. *Journal of Biological Education*, *51*(2), 99-106. https://doi.org/10.1080/00219266.2016.1177569

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. (2011). Learning as becoming through performance, play and dialogue: A model of game-based learning with the game Legends of Alkhimia. *Digital Culture & Education*, *3*(2), 98-122.

Chee, Y. S. (2016). *Games-To-Teach or Games-To-Learn Unlocking the Power of Digital Game-Based Learning Through Performance* (H. B.-L. Duh & A. Nijholt, Eds.). SpringerLink. https://doi.org/10.1007/978-981-287-518-1

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

Coletta, V. P., Phillips, J. A., & Steinert, J. J. (2007). Why You Should Measure Your Students' Reasoning Ability. *Physics Teacher*, *45*(4), 235-238.

Dorji, U., Panjaburee, P., & Srisawasdi, N. (2015). Gender Differences In Students' Learning Achievements And Awareness Through Residence Energy Saving Game-Based Inquiry Playing. *Journal Of Computers In Education*, *2*(2), 227-243. https://doi.org/10.1007/s40692-015-0033-2

Duncan, R. G., Rogat, A. D., & Yarden, A. (2009). A Learning Progression for Deepening Students' Understandings of Modern Genetics Across the 5th-10th Grades. *Journal of Research in Science Teaching*, *46*(6), 655-674.

Fischer, F., Kollar, I., Ufer, S., Sodian, B., Hussmann, H., Pekrun, R., Neuhaus, B., Dorner, B., Pankofer, S., Fischer, M., Strijbos, J.-W., Heene, M., & Eberle, J. (2014). Scientific Reasoning and Argumentation: Advancing an Interdisciplinary Research Agenda in Education. *Frontline Learning Research*, *2*(3), 28-45.

Fitzgerald, M., Danaia, L., & McKinnon, D. H. (2019). Barriers Inhibiting Inquiry-Based Science Teaching and Potential Solutions: Perceptions of Positively Inclined Early Adopters. *Research in Science Education*, *49*(2), 543-566.

Friedler, Y., Nachmias, R., & Linn, M. C. (1990). Learning scientific reasoning skills in microcomputer-based laboratories. *Journal of Research in Science Teaching*,

27(2), 173-191.

Gao, L., Fabricatore, C., & Lopez, M. X. (2019). Game Features in Inquiry Game-Based Learning Strategies: A Systematic Synthesis. *Proceedings of the European Conference on Games Based Learning*, 854-862. https://doi.org/10.34190/GBL.19.170

Georghiades, P. (2000). Beyond conceptual change learning in science education: Focusing on transfer, durability and metacognition. *Educational Research 42*(2), 119-139.

Gerber, B. L., Cavallo, A. M. L., & Marek, E. A. (2001). Relationships among informal learning environments, teaching procedures and scientific reasoning ability. *International Journal of Science Education*, *23*(5).

Giere, R. N. (1991). *Understanding Scientific Reasoning* (3 rd ed. ed.). Holt, Rinehart, and Winston

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

Gul, S., & Sozbilir, M. (2016). International Trends in Biology Education Research from 1997 to 2014: A Content Analysis of Papers in Selected Journals. *EURASIA Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, *12*(6), 1631-1651.

Han, J. (2013). *Scientific reasoning: Research, development, and assessment* The Ohio State University]. Columbus, OH.

Herranen, J., & Aksela, M. (2019). Student-Question-Based Inquiry in Science Education. *Studies in Science Education*, *55*(1), 1-36.

Holyoak, K. J., & Morrison, R. G. (2005). *The Cambridge handbook of thinking and reasoning*. Cambridge University press.

Howson, C., & Urbach, P. (2006). *Scientific Reasoning: The Bayesian Approach*. Carus Publishing Company

Hwang, G.-J., & Chen, C.-H. (2017). Influences of an inquiry-based ubiquitous gaming design on students' learning achievements, motivation, behavioral patterns, and tendency towards critical thinking and problem solving [Article]. *British Journal of Educational Technology*, *48*(4), 950-971. https://doi.org/10.1111/bjet.12464

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Hwang, G.-J., Chiu, L.-Y., & Chen, C.-H. (2015). A Contextual Game-Based Learning Approach To Improving Students' Inquiry-Based Learning Performance In Social Studies Courses. *Computers & Education*, *81*, 13-25. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.09.006

Jiang, Y., Zhang, L., Shang, J., & Jong, M. S. Y. (2020). Game-based inquiry learning: Design and application In H. Niemi & J. Jia (Eds.), *new ways to teach and learn in china and finland-crossing boundaries with technology* (pp. 195-212). Peter Lang GmbH. https://doi.org/10.3726/978-3-631-69873-0

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

Kalz, M., Firssova, O., Borner, D., Ternier, S., Prinsen, F., Rusman, E., Drachsler, H., & Specht, M. (2014). *Mobile Inquiry-Based Learning For Sustainability Education In Secondary Schools*. https://doi.org/10.1109/ICALT.2014.189

Ketelhut, D., Nelson, B., Clarke-Midura, J., & Dede, C. (2010). A multi-user virtual environment for building and assessing higher order inquiry skills in science. *British Journal of Educational Technology 41*(1), 56-68.

Kind, P. E. R., & Osborne, J. (2017). Styles of scientific reasoning: a cultural rationale for science education? *Science education*, *101*(1), 8-31.

Klahr, D., & Dunbar, K. (1988). Dual space search during scientific reasoning. *Cognitive Science*, *12*(1), 1-48. https://doi.org/10.1016/0364-0213(88)90007-9

Knippels, M.-C. P. J., Waarlo, A. J., & Boersma, K. T. (2005). Design criteria for learning and teaching genetics. *Journal of Biological Education*, *39*(3), 108-112. https://doi.org/10.1080/00219266.2005.9655976

Kuhn, D. (1993). Science as Argument: Implications for Teaching and Learning Scientific Thinking. *Science education*, *77*(3), 319-337. https://doi.org/10.1002/sce.3730770306

Kulgemeyer, C., & Schecker, H. (2013). Students Explaining Science - Assessment of Science Communication Competence. *Research in Science Education*.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

https://doi.org/10.1007/s11165-013-9354-1

Lameras, P., Savin-Baden, M., Petridis, P., Dunwell, I., & Liarokapis, F. (2014). Fostering Science Teachers' Design for Inquiry-Based Learning by Using a Serious Game. In (pp. 222-226): IEEE.

Laugksch, R. (2000). Scientific literacy: A conceptual overview. *Science education*, *84*. https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(200001)84:13.0.CO;2-C

Lawson, A. E. (1978). The development and validation of classroom test of formal reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, *15*(1), 11-24. https://doi.org/10.1002/tea.3660150103

Lawson, A. E. (1985). A review of research on formal reasoning and science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, *22*(7), 569-671. https://doi.org/10.1002/tea.3660220702

Lawson, A. E. (1995). *Science Teaching and the Development of Thinking*. Wadswort.

Lawson, A. E. (2000). *Lawson classroom test of scientific reasoning*. http://www.public.asu.edu/~anton1/AssessArticles/Assessments/Mathematics%20Assessments/Scientific%20Reasoning%20Test.pdf

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.

Lawson, A. E., Banks, D., & Logvin, M. (2007). Self-Efficacy, Reasoning Ability, and Achievment in College Biology. *Journal of Research in Science Teaching 44*(5), 706-724. https://doi.org/10.1002/tea.20172

Lawson, A. E., & Thompson, L. D. (1988). Formal reasoning ability and misconception concerning genetics and natural selection. *Journal of Research in Science Teaching*, *25*(9), 733-746. https://doi.org/10.1002/tea.3660250904

Lenhart, A., Kahne, J., Middaugh, E., Macgill, E. R., Evans, C., & Vitak, J. (2008). *Teens, video games, and civics*. Pew Internet & American Life Project.

Lewis, J., & Kattmann, U. (2004). Traits, Genes, Particles and Information: Re-Visiting Students' Understandings of Genetics. Research Report. *International Journal of Science Education*, *26*(2), 195-206.

Marek, E. A., & Cavallo, A. M. L. (1997). *The learning cycle and elementary school science*. NH: Heinemann.

Mariana, N., Siahaan, P., & Utari, S. (2018). Scientific reasoning profile of junior secondary school students on the concept of static fluid. *Journal of Physics: Conference Series*, *1013*(1). https://doi.org/10.1088/1742-6596/1013/1/012056

Mayer. (2003). *Learning and Instruction*. Pearson Education, Inc.

Mayer. (2007). *Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen.* (K. D. & V. H., Eds.). Springer-Lehrbuch.

Meesuk, K., & Srisawasdi, N. (2014). *Implementation of student-associated game-based open inquiry in chemistry education: Results on students' perception and motivation* [Conference Paper].

Millis, K., Forsyth, C., Butler, H., Wallace, P., Graesser, A., & Halpern, D. (2011). Operation ARIES!: A Serious Game for Teaching Scientific Inquiry. In (pp. 169-195). https://doi.org/10.1007/978-1-4471-2161-9_10

Moore, J. C., & Rubbo, L. J. (2012). Scientific reasoning abilities of nonscience majors in physics-based courses. Physical Review Special Topics. *Physics Education Research*, *8*(1). https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.8.010106

Moshman, D. (2011). *Adolescent Rationality and Development: Cognition, Morality, and Identity 3thed*. Taylor and Francis Group, LLC.

Mostafa, T. (2018). How do science teachers teach science – and does it matter? https://doi.org/10.1787/f3ac3fd6-en

National Research Council. (2012). *A Framework for K-12 Science Education : Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. The National Academies Press.

Nelson, G. D. (1999). *Science literacy for all in the 21st century* (Vol. 57). Educational Leadership.

Norman, D. A. (1983). Some Observations on Mental Models. In *Mental Models* (1st Edition ed., pp. 8). Psychology Press. https://doi.org/10.4324/9781315802725

Opitz, A., Heene, M., & Fischer, F. (2017). Measuring Scientific Reasoning--A Review of Test Instruments. *Educational Research and Evaluation*, *23*(3-4), 78-101.

Organization for Economic Co-operation and Development. (2014). What Are Tertiary Students Choosing to Study? https://doi.org/10.1787/5jz8ssmzg5q4-en

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Organization for Economic Co-operation and Development. (2017). *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic, Financial Literacy and Collaborative Problem Solving*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/9789264281820-en0

Organization for Economic Co-operation and Development. (2019). *PISA 2018 Results (Volume I): What Students Know and Can Do*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/5f07c754-en

Osborne, J. (2013). *Scientific practices and inquiry in the science classroom*. Routledge.

Overholser, J. C. (1993). Elements of the Socratic method: II Inductive reasoning. *Psychotherapy: Theory, Research, Practice, Training*, *30*(1), 75-85. https://doi.org/10.1037/0033-3204.30.1.75

Panjaburee, P., Dorji, U., & Srisawasdi, N. (2014). Investigating factors affecting conceptual learning progression when playing digital game-based inquiry learning for energy education. *Proceedings of the 22nd International Conference on Computers in Education*, 588-597.

Piaget, J. (1962). *Play, dreams, and imitation in childhood*. Norton.

Prensky, M. (2001). *Digital Game-Based Learning*. McGraw-Hill.

Qian, M., & Clark, K. R. (2016). Game-based learning and 21st century skills: A review of recent research. *Computers in Human Behavior*, *63*, 50-58. https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.05.023

Sabourin, J., Rowe, J., Mott, B., & Lester, J. (2012). *Exploring Inquiry-Based Problem-Solving Strategies In Game-Based Learning Environments* (Vol. 7315). https://doi.org/10.1007/978-3-642-30950-2_60

Schen, M. S. (2007). *Scientific reasoning skills development in the introductory biology courses for undergraduates* [Doctoral dissertation, https://etd.ohiolink.edu/apexprod/rws_etd/send_file/send?accession=osu1187063957&disposition=inline

Schroth, H. (2019). Are You Ready for Gen Z in the Workplace? . *California Management Review*, *61*(3), 5-18. https://doi.org/10.1177/0008125619841006

Sintonen, M. (2004). Reasoning to Hypotheses: Where Do Questions Come? *Foundations of Science*, *9*(3), 249-266. https://doi.org/10.1023/B:FODA.0000042842.55251.c1

Srisawasdi, N., Nantakaew, N., & Panjaburee, P. (2017, 2017 / 01 / 01 /). A contextual online game based on inquiry learning approach for improving students' learning performance in a chemistry course.

Srisawasdi, N., & Panjaburee, P. (2019). Implementation of Game-transformed Inquiry-based Learning to Promote the Understanding of and Motivation to Learn Chemistry. *Journal of Science Education & Technology 28*(2), 152-164. https://doi.org/10.1007/s10956-018-9754-0

Stammen, A. N., Malone, K. L., & Irving, K. E. (2018). Effects of Modeling Instruction Professional Development on Biology Teachers' Scientific Reasoning Skills. *Education Sciences*, *8*(3), 119. https://doi.org/10.3390/educsci8030119

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

Walton, D. (2014). Abductive, Presumptive, and Plausible Arguments. *Informal Logic*, *21*(2). https://doi.org/10.22329/il.v21i2.2241

Yanto, B. E., Subali, B., & Suyanto, S. (2019). Measurement Instrument of Scientific Reasoning Test for Biology Education Students. *International Journal of Instruction*, *12*(1), 1383-1398. https://doi.org/10.29333/iji.2019.12188a

Zimmerman, C. (2005). *The Development of Scientific Reasoning Skills: What Psychologists Contribute to an Understanding of Elementary Science Learning*. https://www.informalscience.org/sites/default/files/Corinne_Zimmerman_Final_Paper.pdf

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ก

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ แบบสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการและบันทึกการเรียนรู้

1. รองศาสตราจารย์ ดร.ชาตรี ฝ่ายคำตา
   อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2. อาจารย์พัชรพล เถาธรรมพิทักษ์
   อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์
   มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
3. ดร.ณัฐมน สุชัยรัตน์
   ครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนอยุธยาวิทยาลัย

ผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจแผนการจัดการเรียนรู้

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง
   อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกนธ์ชัย ชะนูนันท์
   อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุรเดช ศรีทา
   อาจารย์โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา
   คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจเกมการศึกษา

1. ศาสตราจารย์ ดร.เนาวนิตย์ สงคราม
   อาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะครุศาสตร์
   จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกนธ์ชัย ชะนูนันท์
   อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุรเดช ศรีทา
   อาจารย์โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา
   คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ข
เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ประกอบด้วย 1. แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

2. แบบสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ

3. บันทึกการเรียนรู้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

(ฉบับหลังเรียน)

คำชี้แจง

1. แบบวัดฉบับนี้เป็นแบบวัดเชิงสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประกอบด้วย 6 สถานการณ์ จำนวน 16 ข้อ ใช้เวลาในการทำ 50 นาที

2. ข้อสอบแต่ละข้อแบ่งเป็น 2 ส่วน ให้นักเรียนปฏิบัติ ดังนี้

   2.1 ส่วนที่ 1 ข้อสอบปรนัยหลายตัวเลือก ให้นักเรียนวงกลมล้อมรอบตัวเลือกที่ถูกต้องที่สุด

   2.2 ส่วนที่ 2 การอธิบายเหตุผลในการเลือกตอบตัวเลือกนั้น ให้นักเรียนเขียนอธิบายเหตุผลประกอบในการเลือกตัวเลือกนั้น

3. ข้อสอบแต่ละข้อคะแนนเต็ม 3 คะแนน โดยมีเกณฑ์ ดังนี้

ตอบถูกทั้ง 2 ส่วน	3	คะแนน
ตอบส่วนปรนัยถูก	1	คะแนน
ตอบส่วนอัตนัยถูก	2	คะแนน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ชื่อ-นามสกุล.. ชั้น .... เลขที่ ....

บทความที่ 1 : แคคตัสไอเทมใหม่ของชาวฮิปเตอร์

ในยุคนี้คงไม่มีใครไม่รู้จักกระบองเพชรหรือแคคตัส (Cactus) พืชทนแล้ง อวบน้ำ ที่สามารถเห็นได้โดยทั่วไปจากเทรนการถ่ายภาพในปัจจุบันที่มีแคคตัสเป็นองค์ประกอบพร้อมทั้งแคปชันโดนใจ อีกทั้งยังเป็นที่นิยมใช้ในการตกแต่งคาเฟ่และสถานที่ท่องเที่ยวต่าง ๆ จากความชื่นชอบทำให้หลายคนซื้อมาดูแลที่บ้านซึ่งคิดว่าแคคตัสเป็นพืชทนแล้งจะดูแลง่าย แต่ในความเป็นจริงนั้นต้องใช้ความใส่ใจและการดูแลที่ดี โดยแคคตัสเป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดจากทะเลทราย สามารถอยู่ได้ในที่แห้งแล้ง แดดจัดได้เป็นเวลานาน โดยมีการปรับตัวให้ใบลดรูปเป็นหนามเพื่อลดการคายน้ำ ซึ่งจุดนี้เป็นสิ่งที่ทำให้ลักษณะภายนอกของแคคตัสโดดเด่นกว่าพืชสายพันธุ์อื่น โดยการดูแลนั้นควรจัดสภาพแวดล้อมให้ใกล้เคียงธรรมชาติจากแหล่งกำเนิดของมัน จัดให้ได้รับแสงอย่างเพียงพอ ไม่ใช่เพียงแสงจากริมหน้าต่างเท่านั้น โดยพบว่าคนส่วนใหญ่จะนำแคคตัสไปวางในห้องหรือภายใต้ชายคาที่แสงส่องไม่ถึง ซึ่งเป็นการฝืนธรรมชาติของแคคตัส ทำให้การเจริญเติบโตผิดปกติ คือ ลำต้นจะสูงและยืดยาวออกผิดไปจากรูปทรงตามธรรมชาติและไม่ออกดอกเนื่องจากได้รับแสงไม่เพียงพอแต่การได้แสงในปริมาณมากเกินไปก็ส่งผลต่อแคคตัส เนื่องจากความร้อนสูงจะทำให้เกิดอาการไหม้แดดอาจกลายเป็นแผลเป็น ลำต้นสุกและเน่าเสียได้ แม้ว่าจะมีสารขี้ผึ้งที่หนาและใบที่ลดรูปเพื่อช่วยลดการระเหยของน้ำ แต่ไม่ได้มีส่วนช่วยในการลดอุณหภูมิในต้นเวลาได้รับแสง เนื่องจากปากใบปิดตอนกลางวัน ซึ่งการเลี้ยงโดยทั่วไปจะไม่สามารถกำหนดปริมาณแสงได้ โดยแคคตัสจะชอบแสดงแดดในช่วงเช้าประมาณ 6-8 ชั่วโมง ต่อวัน

สตีเฟนเป็นเจ้าของร้านกาแฟแห่งหนึ่งและได้ซื้อแคคตัสจำนวน 100 ต้น มาตกแต่งร้าน เมื่อเวลาผ่านไป 1 เดือน พบว่าแคคตัสเริ่มเหี่ยวและมีขนาดเล็กลงจนลำต้นเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นสีเหลืองและน้ำตาล แม้เขาจะให้น้ำและใส่ปุ๋ยบำรุงอย่างเหมาะสม จากการสังเกตบริเวณรากพบราสีขาวจำนวนมาก ซึ่งเขาคิดว่าน่าจะเป็นเพราะแคคตัสได้แสงน้อยและในร้านกาแฟมีอุณหภูมิต่ำ เขาจึงทดลองให้แสงกับแคคตัสเพิ่ม โดยใช้หลอดไฟที่มีอยู่ในร้าน คือ หลอดไส้ ซึ่งมีความสวยงามเมื่อตกแต่งในร้านกาแฟ แต่มีข้อเสียคือปล่อยความร้อนสูง โดยเขาใช้หลอดไส้ที่มีความสว่างต่างกันวันละ 6 ชั่วโมง เพื่อหาระดับความสว่างที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและทำให้สีของแคคตัสกลับมาเขียวได้อีกครั้ง สตีเฟนทำการทดลองและได้ผลดังตาราง

ตาราง สีของแคคตัสที่ได้รับความสว่างของแสงต่างกัน

ความสว่างของแสง (ลักซ์)	สีของแคคตัส									
	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6	วันที่ 7	วันที่ 8	วันที่ 9	วันที่ 10
1,000	B	B	B	B	B	B	B	Y	Y	Y
2,000	B	B	B	B	B	B	Y	Y	Y	G
3,000	B	B	B	B	B	Y	Y	Y	G	G
4,000	B	B	B	B	Y	Y	Y	G	G	G
5,000	B	B	B	Y	Y	Y	G	G	G	G

* สีน้ำตาล แทนด้วย ตัวอักษร B, สีเหลือง แทนด้วย ตัวอักษร Y และสีเขียว แทนด้วย ตัวอักษร G

จากบทความใช้ตอบคำถามข้อที่ 1-3

1. <u>คำถามส่วนที่ 1</u> การใช้แสง 5,000 ลักซ์ ทำให้แคคตัสฟื้นตัวได้เร็วที่สุดแต่จะเกิดความร้อนสูงภายในร้านกาแฟ สตีเฟนจึงเลือกให้แสง 1,000 ลักซ์ ซึ่งปล่อยความร้อนน้อยที่สุด ถ้าเป็นเช่นนี้ แคคตัสจะได้เวลาทั้งหมด กี่วันในการฟื้นตัวให้ลำต้นกลายเป็นสีเขียวอีกครั้ง (การพยากรณ์)

1. ใช้เวลา 11 วัน เนื่องจากแคคตัสจะใช้เวลาในการเปลี่ยนจากลำต้นสีเหลืองเป็นสีเขียวด้วยระยะเวลา 3 วัน ซึ่งที่ระดับความสว่าง 1,000 ลักซ์ แคคตัสเริ่มมีสีเหลืองในวันที่ 8

3. ใช้เวลา 15 วัน เนื่องจากแคคตัสที่ได้รับแสง 1,000 ลักซ์ ซึ่งเป็นแสงที่มีความสว่างน้อยที่สุดจะกระตุ้นคลอโรฟิลล์ได้น้อยที่สุด ซึ่งจะใช้ระยะเวลาในการเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีเขียวเท่ากับระยะเวลาที่เปลี่ยนจากสีน้ำตาลเป็นสีเหลือง

3. ใช้เวลา 20 วัน เนื่องจากที่ความสว่าง 1,000 ลักซ์ ในวันที่ 10 แคคตัสยังคงเป็นสีเหลืองซึ่งต้องใช้เวลามากกว่าที่ระดับความสว่างอื่น เนื่องจากความร้อนจากแสงไฟไม่เพียงพอต่อการกำจัดเชื้อรา

4. ใช้เวลา 30 วัน เนื่องจากแคคตัสที่ได้รับแสงที่ความความสว่างน้อย จะซ่อมแซมเซลล์ได้ช้าซึ่งคาดว่าระยะเวลาจะช้ากว่าความสว่างที่ 5,000 ลักซ์ ถึง 5 เท่า โดยที่ระดับแสดง 5,000 ใช้เวลา 6 วัน ที่ความสว่าง 1,000 ลักซ์ จะใช้เวลา 30 วัน

<u>คำถามส่วนที่ 2</u> เพราะเหตุใดจึงเลือกตอบเช่นนี้

....

....

....

....

2. <u>คำถามส่วนที่ 1</u> ถ้าสตีเฟนเลือกใช้ความสว่างที่ 5,000 ลักซ์ เนื่องจากแคคตัสจะฟื้นตัวได้เร็วที่สุดในระยะเวลาน้อย แล้วแก้ปัญหาเรื่องความร้อนด้วยการลดอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศภายในร้าน นักเรียนเห็นด้วยกับการกระทำนี้หรือไม่ เพราะเหตุใด (การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานเพื่อนำไปสู่การสร้างข้อสรุป)

1. เห็นด้วย เพราะ การใช้ความสว่างที่มากจะทำให้แคคตัสฟื้นตัวได้เร็ว ถึงแม้จะต้องการลดอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศและเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มก็ตาม

2. ไม่เห็นด้วย เพราะ ความสว่างที่ 5,000 ลักซ์ อาจส่งผลต่อการทำลายแคคตัสในระยะยาว เนื่องจากมีความร้อนใกล้เคียงกับแดดช่วงบ่าย อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มค่าใช้จ่ายของร้านอีกด้วย

3. เห็นด้วย เพราะ ถ้าไม่ใช้ความสว่างที่ 5,000 ลักซ์ แคคตัสจะตายเนื่องจากได้รับแสงไม่เพียงพอ และไม่สามารถกำจัดราในรากได้ เมื่อแคคตัสตายอาจเสียเงินซื้อมากกว่าค่าไฟที่ต้องจ่าย

4. ไม่เห็นด้วย เพราะ การใช้ความสว่างมากก็จะปล่อยความร้อนมากซึ่งจะเพิ่มต้นทุนของร้านกาแฟในการลดอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศ โดยที่ความสว่างน้อยกว่านี้ก็สามารถทำให้แคคตัสกลับมาเป็นสีเขียวได้เช่นเดียวกัน

<u>คำถามส่วนที่ 2</u> เพราะเหตุใดจึงเลือกตอบเช่นนี้

....

....

....

....

....

3. <u>คำถามส่วนที่ 1</u> หลักฐานใดเป็นสิ่งยืนยันได้ชัดเจนว่าสาเหตุที่แคคตัสเริ่มเหี่ยวและมีขนาดเล็กลงจนลำต้นเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นน้ำตาล แม้จะให้น้ำและใส่ปุ๋ยบำรุงอย่างเหมาะสมนั้นเป็นผลมาจากแสงสว่างที่ไม่มากพอ (การพิจารณาและใช้หลักฐาน)

1. ความสูงของแคคตัสเมื่อเทียบกับแคคตัสที่อยู่ในธรรมชาติ ถ้ามีความสูงมากแสดงว่าได้รับแสงน้อย

2. อัตราการตรึง CO_2 ในขณะที่แคคตัสได้รับแสงเทียบกับแคคตัสที่อยู่ในธรรมชาติ เพื่อแสดงให้เห็นว่าปริมาณแสดงน้อยจะเกิดการสังเคราะห์ด้วยแสงน้อย

3. ราที่ขึ้นบริเวณรากของแคคตัส เนื่องจากราไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ในบริเวณที่มีแสงและความร้อนสูง เมื่อแคคตัสไม่ได้รับแสงและความร้อนที่มากพอในธรรมชาติจะทำให้เกิดเชื้อราได้

4. แคคตัสมีถิ่นกำเนิดในทะเลทราย เป็นพืชทนร้อน มีลำต้นอวบน้ำและใบลดรูปเป็นหนามเพื่อลดการคายน้ำ การนำมาไว้ในห้องปรับอากาศและไม่ได้รับแสงอย่างเพียงพอเป็นการฝืนธรรมชาติซึ่งส่งผลให้การเจริญเติบโตผิดปกติไป

คำถามส่วนที่ 2 เพราะเหตุใดจึงเลือกตอบเช่นนี้

....

....

....

....

....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทความที่ 2 : ซูชิเรืองแสง

ผู้บริโภคคนหนึ่งซื้อซูชิจากห้างสรรพสินค้าเพื่อที่จะนำมารับประทาน แต่กลับพบว่าซูชิหน้ากุ้งเรืองแสงได้ในที่มืด ทำให้เหตุการณ์นี้กลายเป็นข่าวที่ประชาชนให้ความสนใจและตระหนักถึงความปลอดภัยในการบริโภคอาหารจากห้างสรรพสินค้า โดยกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ได้เก็บตัวอย่างมาตรวจและพบว่ามีการปนเปื้อนของแบคทีเรียเรืองแสงในตัวกุ้งที่ใช้ทำหน้าซูชิซึ่งยังไม่ทราบแน่ชัดว่าเป็นชนิดใด จากการตรวจพบแบคทีเรียในครั้งนี้พบทั้งซูชิหน้ากุ้งดิบและกุ้งสุก โดยกุ้งดิบคาดว่าได้ผ่านกระบวนการผลิตบางอย่างเพื่อทำลายเชื้อจุลินทรีย์ระดับหนึ่ง เช่น แช่ในสารละลายคลอรีนแต่อาจมีการปฏิบัติที่ไม่เพียงพอ ส่วนกุ้งสุกอาจต้มไม่ทั่วถึง โดยการเรืองแสงในที่มืดนั้นสามารถพบได้ในอาหารทะเลหรือสัตว์ทะเลบางชนิด ซึ่งเกิดจากเชื้อแบคทีเรียเรืองแสงที่อาศัยอยู่ในทะเลหรือมหาสมุทร ได้แก่ แบคทีเรียในวงศ์ (Family) Vibrionaceae ซึ่งประกอบด้วย 2 สกุล คือ Photobacterium และ Vibrio เช่น *Photobacterium phosphoreum* (พบได้บ่อยที่สุด), *Photobacterium leiognathi*, *Vibrio fischeri*, *Vibrio harveyi* เป็นต้น อีกทั้งข้อมูลจากกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ยังรายงานว่าเคยพบเหตุการณ์เรืองแสงในอาหารเช่นนี้ในปี พ.ศ. 2553 ซึ่งเป็นลูกชิ้นปลาที่เรืองแสงในที่มืด โดยผู้บริโภคเก็บลูกชิ้นไว้ในตู้เย็น ซึ่งเหมาะแก่การเจริญเติบโตของแบคทีเรียเนื่องจากเติบโตได้ดีในอุณหภูมิ 18-22 องศาเซลเซียส โดยปัจจุบันยังไม่พบการก่อโรคจากแบคทีเรียเรืองแสงในที่มืด แต่การเก็บอาหารทะเลที่มีการปนเปื้อนของแบคทีเรียเรืองแสงอาจทำให้เกิดการเน่าเสียได้ง่ายซึ่งจะเป็นพิษต่อผู้บริโภค เนื่องจากเกิดสารฮิสตามีนซึ่งเป็นสารก่อภูมิแพ้

ที่มา : https://www.bangkokbiznews.com/news/detail/891808

จากบทความใช้ตอบคำถามที่ 4-6

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4. <u>คำถามส่วนที่ 1</u> ข้อใดสรุปเกี่ยวกับการบริโภคอาหารที่มีการปนเปื้อนของแบคทีเรียเรืองแสงได้สมเหตุสมผลที่สุด (การสร้างข้อสรุป)

1. ไม่ควรบริโภคอาหารที่อยู่ในห้างสรรพสินค้าเนื่องจากมีการนำสัตว์ทะเลที่ปนเปื้อนแบคทีเรียเรืองแสงมาขายให้ผู้บริโภค

2. สามารถบริโภคอาหารที่มีแบคทีเรียเรืองแสงปนเปื้อนอยู่ได้ แต่ต้องปรุงอาหารด้วยความร้อนสูงในระยะเวลานานเพื่อให้แบคทีเรียตายจนหมดก่อนนำไปบริโภค

3. สามารถบริโภคอาหารที่มีแบคทีเรียเรืองแสงปนเปื้อนอยู่ได้ แต่ต้องนำไปแช่ในสารละลายฟอร์มาลีนเพื่อฆ่าเชื้อแบคทีเรียก่อนนำมาประกอบอาหาร

4. ไม่ควรบริโภคอาหารที่มีแบคทีเรียเรืองแสงปนเปื้อน เนื่องจากอาจมีแบคทีเรียชนิดอื่นหรือการปนเปื้อนสารเคมีอื่น เมื่อการประกอบอาหารที่ไม่สามารถกำจัดแบคทีเรียได้ จะเกิดอันตราย

<u>คำถามส่วนที่ 2</u> เพราะเหตุใดจึงเลือกตอบเช่นนี้

....

....

....

....

....

5. <u>คำถามส่วนที่ 1</u> ถ้านักเรียนเป็นชาวประมงที่หาปลาและสัตว์ทะเลมาขาย ซึ่งได้รับผลกระทบโดยตรงจากข่าวนี้ นักเรียนจะอธิบายให้ประชาชนเข้าใจได้อย่างไรว่าสามารถบริโภคอาหารทะเลสดได้ (การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานเพื่อนำไปสู่การสร้างข้อสรุป)

1. สามารถบริโภคอาหารทะเลสดได้ โดยซื้อจากตลาดที่ได้รับการสุ่มตรวจจากหน่วยงานของรัฐบาล และก่อนบริโภคให้นำอาหารทะเลแช่ในสารละลายคลอรีนความเข้มข้นสูงให้นานที่สุดก่อนประกอบอาหารตามปกติ

2. สามารถบริโภคอาหารทะเลสดได้ เพราะอาหารทะเลเป็นอาหารที่ได้มาจากธรรมชาติ ปลอดภัยและเสี่ยงต่อการปนเปื้อนสารเคมีน้อยกว่าสัตว์บกหรือสัตว์น้ำที่เลี้ยงในฟาร์ม ซึ่งก่อนประกอบอาหารควรล้างด้วยน้ำสะอาดหรือน้ำเกลือก่อนและประกอบด้วยความร้อนสูง

3. สามารถบริโภคอาหารทะเลสดได้ โดยซื้อจากห้างสรรพสินค้าที่มีการตรวจสอบความปลอดภัยของอาหารและตรวจสอบด้วยตนเองโดยนำไปแช่ตู้เย็นถ้าไม่มีการเรืองแสงของแบคทีเรีย ให้นำอาหารทะเลมาล้างทำความสะอาดและแช่ด้วยน้ำเกลือเพื่อกำจัดแบคทีเรียที่อาจพบในอาหาร และใช้ความร้อนสูงเป็นเวลานาน ในการประกอบอาหาร

4. สามารถบริโภคอาหารทะเลสดได้ โดยเลือกซื้อจากตลาดที่ไม่เคยมีประวัติการรับอาหารทะเล จากแหล่งที่มีเชื้อแบคทีเรีย ซึ่งหากมีการปนเปื้อนแบคทีเรียเรืองแสงในสัตว์น้ำก็จะต้องปนเปื้อนทั้งน้ำจืดและน้ำเค็ม ถ้าเป็นเช่นนั้นประชาชนจะเกิดอาการแพ้อาหารทะเลกันทั่วประเทศ ส่วนการบริโภคควรหลีกเลี่ยงอาหารในห้างสรรพสินค้าและอาหารไม่สุก

<u>คำถามส่วนที่ 2</u> เพราะเหตุใดจึงเลือกตอบเช่นนี้

....

....

....

....

....

6. <u>คำถามส่วนที่ 1</u> ถ้าเรือของชาวประมงลำหนึ่งมีการปนเปื้อนแบคทีเรียเรืองแสงในปลาหมึก เมื่อเรือมาถึงท่าและขายปลาหมึกแล้ว พ่อค้าคนกลางได้นำฟอร์มาลีนใส่ลงไปเพื่อรักษาความสดของปลาหมึกทำให้ไม่เน่าเสียง่ายก่อนถึงผู้บริโภค จากข้อความดังกล่าวจะส่งผลตามข้อใด (การพยากรณ์)

1. แบคทีเรียเรืองแสงจะถูกทำลายโดยฟอร์มาลีน ซึ่งสามารถนำปลาหมึกมาบริโภคได้ตามปกติ

2. แบคทีเรียเรืองแสงจะถูกทำลายโดยฟอร์มาลีนแต่จะไม่สามารถบริโภคปลาหมึกได้เนื่องจากมีการปนเปื้อนของฟอร์มาลีน

3. แบคทีเรียเรืองแสงไม่ถูกทำลาย เนื่องจากฟอร์มาลีนจะรักษาแบคทีเรียให้สดและไม่ตายง่ายเมื่อบริโภคอาจเกิดอาการอาหารเป็นพิษได้

4. แบคทีเรียเรืองแสงจะไม่ถูกทำลายโดยฟอร์มาลีน เนื่องจากเป็นสารคนละชนิดกับคลอรีนที่ใช้ในการทำความสะอาดปลาหมึก ซึ่งไม่สามารถนำปลาหมึกมาบริโภคได้

<u>คำถามส่วนที่ 2</u> เพราะเหตุใดจึงเลือกตอบเช่นนี้

....

....

....

....

....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทความที่ 3 : ต้มไข่ในไมโครเวฟ

ไข่ต้มเป็นอาหารที่มีขั้นตอนในการทำไม่ยุ่งยากและเป็นที่นิยมในการรับประทานโดยทั่วไป ซึ่งการต้มไข่นั้นมีระดับการสุกที่แตกต่างกัน โดยสามารถควบคุมเวลาในการต้มเพื่อให้ความสุกของไข่อยู่ในระดับที่ต้องการ ระดับการสุกของไข่ต้มที่นิยมรับประทานคือ ความสุกไข่แดงยางมะตูมที่มีลักษณะกึ่งสุกแต่มีความยืดและเหนียวของไข่แดง ซึ่งทำได้โดยการต้มไข่ในน้ำเดือดประมาณ 4 นาที อีกทั้งยังทำได้โดยวิธีอื่นเช่น การต้มไข่ในไมโครเวฟ ที่มีความสะดวกและทำได้ง่าย เพียงนำไข่ใส่ในภาชนะที่ทนความร้อนหรือพลาสติกที่สามารถเข้าไมโครเวฟได้ ระวังอย่าให้ไข่แตก จากนั้นเติมน้ำลงในภาชนะจนท่วมไข่หรือมีความสูงกว่าไข่ประมาณ 1 เซนติเมตร ซึ่งถ้าเติมน้ำไม่ท่วมไข่อาจทำให้ไข่ระเบิดในขณะที่อยู่ในไมโครเวฟหรือแม้กระทั่งขณะหยิบออกจากไมโครเวฟได้ ซึ่งจะมีอุบัติเหตุเช่นนี้ให้เห็นและเตือนภัยผ่านข่าวบ่อยครั้ง โดยวิธีที่จะทำให้ไข่ไม่ระเบิดขณะอยู่ในไมโครเวฟนั้น คือการใส่เกลือประมาณ 1 ช้อนโต๊ะลงในน้ำ ซึ่งจะทำให้ความร้อนของน้ำไม่สูงเร็วเกินไป โดยการต้มให้ปรับความแรงของไมโครเวฟที่ระดับกลาง ใช้เวลาประมาณ 6-8 นาที ในการต้มก็จะได้ไข่ที่มีระดับความสุกไข่แดงยางมะตูม โดยเทคนิคการต้มไข่ให้รวดเร็วขึ้นนั้นต้องใช้น้ำร้อนแทนน้ำอุณหภูมิปกติ ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 3-6 นาที ถ้าต้องการตรวจสอบว่าไข่สุกในระดับที่ต้องการหรือยัง ให้นำไข่มาแช่น้ำเย็นและแกะเปลือกดู

นายจัสตินอาศัยอยู่ในคอนโด และอยากกินไข่ต้มที่มีระดับความสุกไข่แดงยางมะตูม แต่ในคอนโดมีเพียงไมโครเวฟที่สามารถประกอบอาหารได้ เขาจึงทดลองต้มไข่ในไมโครเวฟ โดยเขาเลือกไข่เป็ดจำนวน 9 ฟอง นำมาต้มในอุณหภูมิเดียวกันด้วยระยะเวลาในการต้มต่างกัน โดยแต่ละระยะเวลาใช้ไข่ 3 ฟอง เพื่อให้ได้ความสุกของไข่ตามที่ต้องการ ได้ผลการทดลองดังตาราง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ระยะเวลาใน	ระดับความสุกของไข่		
การต้ม	ไข่แดงดิบ	ไข่แดงยางมะตูม	ไข่แดงสุก
6 นาที	3 ฟอง	-	-
7 นาที	2 ฟอง	1 ฟอง	-
8 นาที	-	-	3 ฟอง

จากบทความใช้ตอบคำถามที่ 7-9

7. <u>คำถามส่วนที่ 1</u> จากคำกล่าวที่ว่า “ไข่ที่มีรอยร้าวเมื่อนำมาต้มในไมโครเวฟจะทำให้ระเบิด ไม่ว่าจะใส่น้ำมากหรือน้อยก็ตาม” นักเรียนคิดว่าถูกต้องหรือไม่ เพราะเหตุใด (การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานเพื่อนำไปสู่การสร้างข้อสรุป)

1. ถูกต้อง เพราะ เปลือกไข่ที่มีรอยร้าว จะหดและขยายตัวอยู่ตลอดเวลาเมื่ออุณหภูมิของน้ำเพิ่มขึ้น ผลจากการหดและขยายตัวจะทำให้เกิดการระเบิด

2. ไม่ถูกต้อง เพราะ เปลือกไข่มีสารแคลเซียมคาร์บอเนตและมีความหนา แม้เปลือกไข่จะร้าวและได้รับความร้อนจากน้ำก็ไม่สามารถทำให้ไข่ระเบิดได้

3. ไม่ถูกต้อง เพราะ ไข่แดงและไข่ขาวจะเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของแข็งเมื่อได้รับความร้อน โดยที่แรงดันจากไอน้ำไม่มากพอที่จะทำให้ไข่ระเบิดได้

4. ถูกต้อง เพราะ ความร้อนทำให้ไอน้ำขยายตัวและมีแรงดัน ซึ่งไข่ที่มีรอยร้าวเมื่อได้รับแรงดันของน้ำจะทำให้เปลือกไข่ขยายตัวและกระจายออกอย่างรวดเร็วจึงเกิดการระเบิดขึ้น

<u>คำถามส่วนที่ 2</u> เพราะเหตุใดจึงเลือกตอบเช่นนี้

....

....

....

....

....

8. <u>คำถามส่วนที่ 1</u> ถ้านักเรียนจำเป็นต้องต้มไข่จำนวน 3 ฟอง ในไมโครเวฟ ลักษณะเช่นเดียวกับในบทความ คาดว่าจะต้องต้มไข่ด้วยระยะเวลาที่เท่าใดจึงจะได้ระดับความสุกของไข่แดงยางมะตูม (การพยากรณ์)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. 7.00 นาที โดยใส่เกลือเพิ่ม จะทำให้น้ำเดือดอย่างรวดเร็ว

2. 7.30 นาที โดยไม่เปลี่ยนแปลงปริมาณเกลือและไม่เพิ่มอุณหภูมิ

3. 8.00 นาที โดยใส่เกลือเพิ่ม เพื่อให้น้ำมีอุณหภูมิต่ำลงและเดือดอย่างช้า

4. 6.30 นาที โดยไม่ใส่เกลือเนื่องจากการใส่เกลือจะทำให้จุดเดือดของสารละลายต่ำลง

<u>คำถามส่วนที่ 2</u> เพราะเหตุใดจึงเลือกตอบเช่นนี้

....

....

....

....

....

9. คำถามส่วนที่ 1 หลักฐานใดที่ยืนยันได้ว่าการใส่เกลือในน้ำที่ใช้ต้มไข่จะไม่ทำให้ไข่ระเบิดขณะอยู่ในไมโครเวฟ (การพิจารณาและใช้หลักฐาน)

1. เกลือทำให้น้ำมีจุดเดือดต่ำลง เมื่อน้ำเดือดช้าไข่ก็จะไม่ระเบิด
2. เกลือทำให้เปลือกไข่แข็งตัว และไม่ระเบิดเมื่อได้รับความร้อนสูง
3. เกลือทำให้น้ำร้อนอย่างช้า ๆ จะถึงจุดเดือดที่ 100 องศาเซลเซียส โดยไม่เกิดฟองแก๊ส
4. เกลือมีจุดเดือดที่สูงกว่าน้ำ เมื่อละลายในน้ำจะทำให้น้ำเดือดช้าลง ซึ่งทำให้ความดันในไข่น้อยลง

คำถามส่วนที่ 2 เพราะเหตุใดจึงเลือกตอบเช่นนี้

....

....

....

....

....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทความที่ 4 : วิธีหุงข้าวลดแคลอรี่

นักศึกษาปริญญาเอกชาวศรีลังกาค้นพบวิธีการลดแคลอรี่ในแป้งและได้นำเสนอในการประชุมระดับชาติ National Meeting and Exposition of American Chemical Society ซึ่งสามารถลดแป้งในพันธุ์ข้าวของประเทศศรีลังกาได้ถึง 50% จากกระบวนการหุงข้าว โดยเติม “น้ำมันมะพร้าว” ลงไปในหม้อหุงข้าวปริมาณ 3% ของน้ำหนักข้าวที่ต้องการหุง หรือใช้น้ำมันมะพร้าวประมาณ 1 ช้อนชาต่อข้าวครึ่งถ้วย พอข้าวสุกแล้วให้นำไปใส่ตู้เย็นไว้ 12 ชั่วโมง เมื่อถึงเวลาอาหารก็นำมาอุ่นรับประทานได้เลย คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก็คือ “...โดยทั่วไปในร่างกายของเรามีแป้งที่ย่อยได้ 2 ชนิดหลัก ๆ ซึ่งชนิดแรกร่างกายจะเปลี่ยนให้เป็นกลูโคสและเก็บไว้ในรูปไขมันเมื่อไม่มีการเผาผลาญออกไป กับอีกชนิดหนึ่งคือชนิดที่ ไม่ยอมแตกตัวเป็นกลูโคสในการย่อยอาหารของเรา ดังนั้นมันจึงมีแคลอรี่ต่ำ ซึ่งแป้งชนิดนี้เองที่จะผ่านเข้าไปที่ลำไส้ใหญ่และทำหน้าที่เสมือนกากใยและสร้างสิ่งดี ๆ ให้ร่างกายของเรา...” ซึ่งการนำแป้งไปให้ความร้อนและปล่อยให้เย็นลง จะทำให้แป้งเปลี่ยนโครงสร้างทางเคมีไปอยู่ในรูปคล้ายเส้นใย เอนไซม์ในร่างกายมนุษย์จึง ย่อยยากขึ้น อันที่จริงแล้วอาหารประเภทแป้งอย่างเช่น มันฝรั่งหรือข้าวก็จะมีองค์ประกอบเป็นแป้งชนิดที่ต้านทานการย่อยแบบนี้แต่เมื่อเรานำมาหุงสุกตามปกติ มันก็เกิดกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางเคมีจนทำให้กลายเป็นแป้งชนิดย่อยได้ ซึ่งก่อนหน้านี้มีการทดลองกับเส้นพาสต้าโดยปล่อยให้มันเย็นตัวลง แล้วนำมาอุ่นก่อนที่จะรับประทาน ก็จะพบแป้งชนิดต้านการย่อยเพิ่มมากขึ้นด้วย

ที่มา: http://topthairice.com/2019/12/23/cook-rice-low-calorie/

จากบทความใช้ตอบคำถามที่ 10-11

10. <u>คำถามส่วนที่ 1</u> ถ้านักวิทยาศาสตร์คนหนึ่งไม่เห็นด้วยกับผลการทอลองดังกล่าว จะใช้หลักฐานใดในการกล่าวอ้างว่าการทดลองมีความผิดพลาด (การพิจารณาและใช้หลักฐาน)

1. น้ำมันมะพร้าวที่ใส่ไปเป็นไขมัน ซึ่งให้พลังงานมากกว่าคาร์โบไฮเดรตจะมีแนวโน้มเพิ่มแคลอรี่ในข้าวมากกว่าลดแคลอรี่

2. การเปลี่ยนโครงสร้างทางเคมีของข้าวให้เป็นเส้นใยนั้น ร่างกายสามารถย่อยและดูดซึมคาร์โบไฮเดรตได้

3. ข้าวต่างสายพันธุ์เมื่อนำมาหุงด้วยวิธีดังกล่าวจะให้ผลที่แตกต่างกัน จากปริมาณแป้งและองค์ประกอบทางเคมีของข้าวซึ่งจะลดแคลอรี่ได้ต่างกันด้วย

4. มันฝรั่งและข้าวก่อนได้รับความร้อนจะมีโครงสร้างที่ต้านการย่อย เมื่อได้รับความร้อนจะเปลี่ยนเป็นโครงสร้างที่ย่อยได้ การหุงข้าวด้วยวิธีนี้จึงไม่สามารถลดแคลอรี่ได้จริง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คำถามส่วนที่ 2 เพราะเหตุใดจึงเลือกตอบเช่นนี้

....

....

....

....

....

11. คำถามส่วนที่ 1 ถ้ามีนักวิทยาศาสตร์ทดลองต่อยอดโดยนำพันธุ์ข้าวของประเทศไทยมาหุงด้วยวิธีดังกล่าวแล้วพบว่าสามารถลดแคลอรี่ได้เพียง 10% และข้าวที่ได้มีลักษณะแข็งจับตัวกันเป็นก้อน นักวิทยาศาสตร์คนนี้ควรจะสรุปผลการทดลองว่าอย่างไร (การสร้างข้อสรุป)

1. วิธีการหุงข้าวลักษณะนี้เหมาะสมกับพันธุ์ข้าวของประเทศศรีลังกาเท่านั้นซึ่งข้าวสายพันธุ์อื่น จะต้องหุงด้วยวิธีอื่น

2. ข้าวแต่ละสายพันธุ์มีลักษณะเฉพาะตัวและองค์ประกอบทางเคมีที่ต่างกัน ซึ่งการหุงข้าวเพื่อลดแคลอรี่ด้วยวิธีการดังกล่าวสามารถลดแคลอรีของข้าวสายพันธุ์ไทยได้เล็กน้อย

3. การทดลองมีความคลาดเคลื่อนเนื่องจากข้าวสายพันธุ์ไทยต้องใช้น้ำในการหุงมาก และการใส่น้ำมันมะพร้าวลงไปผสมจะทำให้โมเลกุลของน้ำไม่สามารถเข้าไปในข้าวได้ ข้าวจึงแข็งและจับตัวเป็นก้อน

4. วิธีการหุงข้าวในลักษณะนี้เหมาะสมกับข้าวที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบจำนวนมาก เนื่องจากจะจับตัวกับน้ำมันมะพร้าวได้ดี โดยข้าวสายพันธุ์ไทยมีแป้งเป็นองค์ประกอบน้อยกว่าข้าวสายพันธุ์ศรีลังกาจึงได้ผลการทดลองต่างกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คำถามส่วนที่ 2 เพราะเหตุใดจึงเลือกตอบเช่นนี้

....

....

....

....

....

บทความที่ 5 : เมลาโทนิน ตัวช่วยให้หลับสบาย

เมลาโทนินเป็นฮอร์โมนที่ร่างกายสร้างขึ้นเพื่อควบคุมวงรอบการนอนหลับ ร่างกายจะหลั่งเมลาโทนินขณะนอนหลับในที่มืดและจะหลั่งน้อยลงเมื่อมีแสงสว่าง คนที่นอนหลับยากอาจมีสาเหตุมาจากระดับเมลาโทนินลดลง การเพิ่มเมลาโทนินโดยการรับประทานอาหารเสริมจะช่วยให้นอนหลับง่ายขึ้น อีกทั้งยังช่วยให้คนที่เกิดอาการเจ็ตแล็ก (Jet lag) จากการเดินทางข้ามเขตเวลาและไม่สามารถปรับเวลานอนให้เข้ากับเวลาของประเทศนั้นให้สามารถนอนหลับได้ โดยปัจจุบันมีขายทั่วไปตามท้องตลาด ทั้งแบบที่ขึ้นทะเบียนกับองค์การอาหารและยา (อ.ย.) ว่าเป็นยาและต้องสั่งจ่ายโดยแพทย์และเภสัชกรเท่านั้น กับแบบที่ทำเป็นอาหารเสริม เช่น ขนมเยลลี่เมลาโทนิน ซึ่งไม่ได้รับการรับรองและตรวจสอบจาก อ.ย. และ น่ากังวลถึงเรื่องของมาตรฐานการผลิต ปริมาณสารสำคัญต่อเม็ดตลอดจนความปลอดภัยในเรื่องผลข้างเคียง เพราะ ไม่ต้องควบคุมคุณภาพในระดับเดียวกับการผลิตเป็นยาและไม่ได้มีผลในเชิงการรักษา นอกจากนี้เมลาโทนินยังเป็นสารที่มีค่าครึ่งชีวิตในการสลายตัวค่อนข้างสั้น ทำให้เมื่อรับประทานเข้าไปแล้วจะคงอยู่ในกระแสเลือดได้ไม่นานมากนัก ดังนั้นเมลาโทนินที่อยู่ในรูปของยาซึ่งมีกลไกการปลดปล่อยตัวยาออกมาอย่าง ช้า ๆ (เรียกว่า prolonged-release melatonin) จึงออกฤทธิ์ได้นาน มีผลครอบคลุมช่วงเวลาการนอนตลอดทั้งคืน ในขณะที่เมลาโทนินที่เป็นแบบอาหารเสริมจะออกฤทธิ์เร็ว (immediate-release melatonin) คล้ายกับการรับประทานอาหารทั่ว ๆ ไป จึงคงอยู่ในกระแสเลือดได้ไม่นานก็หมดฤทธิ์ การใช้เมลาโทนินในการช่วยให้นอนหลับดีขึ้นนั้นอาจจะไม่ได้มีประสิทธิภาพในการทำให้หลับโดยทันทีเหมือนยานอนหลับ (sleeping pill) แต่ก็มีข้อดีที่ช่วยให้การนอนนั้นเป็นไปตามธรรมชาติมากกว่าการใช้ยานอนหลับ เนื่องจากไม่รบกวนโครงสร้างของการนอนโดยเฉพาะการนอนหลับช่วงหลับลึก ซึ่งเป็นช่วงการนอนที่สำคัญต่อพัฒนาการของสมอง การเก็บความจำและการควบคุมอารมณ์ นอกจากนี้ยังลดความเสี่ยงที่อาจตามมาจากการใช้ยานอนหลับ เช่น การดื้อยา (tolerance) ภาวะพึ่งพายา (dependence) หรือการกลับมานอนไม่หลับซ้ำภายหลังจาก หยุดยา (rebound effects) โดยพบว่า ถ้าเป็นการใช้ยาเมลาโทนินในรูปแบบที่ค่อย ๆ ปลดปล่อยตัวยา ทำให้ออกฤทธิ์นานครอบคลุมตลอดคืนจะมีความปลอดภัยสูง มีผลข้างเคียงต่ำและไม่รุนแรง ไม่ทำให้เกิดการดื้อยาหรือภาวะพึ่งพายาและไม่เกิดอาการนอนไม่หลับซ้ำเมื่อหยุดใช้ยา จึงเหมาะกับการใช้รักษาอาการนอนไม่หลับ

ที่มา : https://web.facebook.com/OhISeebyAjarnJess/posts/940005343149186?__tn__=K-R

จากบทความใช้ตอบคำถามข้อที่ 12-14

12. <u>คำถามส่วนที่ 1</u> หลักฐานใดที่แสดงว่าผู้บริโภค**<u>ไม่</u>**ควรซื้อเยลลี่เมลาโทนินมารับประทาน (การพิจารณาและใช้หลักฐาน)

1. เยลลี่เมลาโทนินไม่ได้รับการรับรองจากองค์การอาหารและยา
2. เยลลี่เมลาโทนินออกฤทธิ์เร็วและอยู่ในกระแสเลือดได้ไม่นานก็หมดฤทธิ์
3. เยลลี่เมลาโทนินไม่เหมาะสมกับคนที่มีอายุน้อยเพราะจะทำให้หลับในทันที
4. เยลลี่เมลาโทนินมีประสิทธิภาพน้อยกว่ายานอนหลับ ซึ่งการกินยานอนหลับจะทำให้หลับง่ายกว่า

<u>คำถามส่วนที่ 2</u> เพราะเหตุใดจึงเลือกตอบเช่นนี้

....

....

....

....

....

13. <u>คำถามส่วนที่ 1</u> คำอธิบายใดสมเหตุสมผลในการอธิบายว่า พนักงานต้อนรับบนเครื่องบินที่มีการเดินทางข้ามเขตเวลาและมักเกิดอาการเจ็ตแล็ก (Jet lag) ควรรับประทานยาเมลาโทนินแทนยานอนหลับ (การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานเพื่อนำไปสู่การสร้างข้อสรุป)

1. ยาเมลาโทนินไม่ทำให้หลับในทันทีเหมือนยานอนหลับ ร่างกายจึงหลับลึกกว่ายานอนหลับ
2. ยาเมลาโทนินส่งเสริมการนอนในช่วงหลับลึกได้ดีกว่า ทำให้ร่างกายและสมองพักผ่อนได้อย่างเต็มที่
3. ยาเมลาโทนินทำให้คนที่นอนไม่หลับสามารถใช้ได้ในปริมาณมากโดยไม่ดื้อยาและไม่สะสมในร่างกาย
4. ยาเมลาโทนินปลดปล่อยตัวยาออกมาอย่างเหมาะสมต่อการนอน และออกฤทธิ์ได้นานตลอดการนอนหลับ

<u>คำถามส่วนที่ 2</u> เพราะเหตุใดจึงเลือกตอบเช่นนี้

....

....

....

....

....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

14. คุณยายลอร่าอายุ 69 ปี มีอาการนอนไม่หลับ จึงไปปรึกษาเภสัชกรและได้รับยานอนหลับมารับประทานก่อนนอน วันละ 1 เม็ด ซึ่งก่อนหน้านี้คุณยายได้อ่านวารสารวิทยาศาสตร์และพบว่าแสงไฟมีผลต่อการนอน โดยเฉพาะแสงไฟสีเหลืองจะทำให้นอนหลับง่ายขึ้น คุณยายจึงทดลองเปิดไฟแสงสีต่าง ๆ ในห้องนอนเป็นเวลา 1 ชั่วโมงก่อนนอนร่วมกับการกินยานอนหลับและเริ่มนอนตั้งแต่เวลา 20.00 น. ของทุกวัน โดยมีคุณตาลอแรนเป็นผู้สังเกตพฤติกรรมการนอนและบันทึกผลช่วงเวลาที่คุณยายหลับและตื่น ได้ผลดังตาราง

วันที่	สีของแสงไฟ*	เวลาเริ่มหลับ	เวลาตื่น
1	สีน้ำเงิน	02.00 น.	05.00 น.
2	สีฟ้า	00.30 น.	05.00 น.
3	สีเขียว	23.50 น.	05.30 น.
4	สีขาว	23.00 น.	05.50 น.
5	สีเหลือง	22.00 น.	06.00 น.
6	สีส้ม	21.30 น.	06.00 น.
7	สีแดง	21.00 น.	06.10 น.
8	สีม่วง	22.00 น.	05.00 น.
9	สีเทา	01.00 น.	05.00 น.

* แสงไฟโทนเย็น ได้แก่ แสงไฟสีน้ำเงิน ฟ้า เขียว, แสงไฟโทนร้อน ได้แก่ แสงไฟสีส้ม แดง ม่วง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>คำถามส่วนที่ 1</u> ข้อใดสรุปผลการทดลองได้สมเหตุสมผลที่สุด (การสร้างข้อสรุป)

1. แสงไฟโทนเย็นไม่รบกวนการนอนของคุณยาย
2. แสงไฟสีขาวมีผลต่อการนอนของคุณยายน้อยที่สุด
3. แสงไฟโทนร้อนจะทำให้คุณยายนอนหลับได้ง่ายขึ้น
4. คุณยายจะนอนหลับได้ง่ายขึ้นเมื่อกินยาต่อเนื่องทุกวัน

<u>คำถามส่วนที่ 2</u> เพราะเหตุใดจึงเลือกตอบเช่นนี้

....

....

....

....

บทความที่ 6 : เลือกบริโภคแมงดาผิด มีพิษถึงตาย

ปัจจุบันแมงดาทะเลได้รับความนิยมในการบริโภคของคนไทยมากขึ้น โดยนำไปประกอบอาหาร ได้อย่างหลากหลายและมักพบอยู่ในรายการอาหารยอดนิยมตามร้านอาหารริมชายหาดหรือร้านขายอาหารทะเลทั่วประเทศ ซึ่งแมงดาทะเลที่พบในประเทศไทยมี 2 ชนิด คือ 1) แมงดาถ้วย มีถิ่นอาศัยอยู่ตามหาดโคลนปนทรายและตามคลองบริเวณป่าชายเลน ลักษณะภายนอกจะมีกระดองโค้งกลมนูนเหมือนถ้วย ตัวสีน้ำตาลอมแดง มักวางไข่ตามป่าชายเลน วิธีสังเกตจากลักษณะกายภาพให้ดูที่โคนหางถึงกลางหางจะมีลักษณะกลมเหมือนแท่งดินสอ แมงดาทะเลชนิดนี้มีพิษไม่นิยมรับประทาน เนื่องจากมีสารเทโทรโดท็อกซิน (tetrodotoxin) และสารซาซิท็อกซิน (saxitoxin) ในเนื้อและไข่ ซึ่งเป็นสารชนิดเดียวกับที่พบในปลาปักเป้าโดยความร้อนไม่สามารถทำลายความเป็นพิษได้ เมื่อกินเข้าไปแล้วจะยับยั้งการทำงานของ sodium channel ของระบบประสาท ผู้มีอาการแพ้จะมีอาการปากชา พูดไม่ได้ แขนขาชา หายใจไม่ออก บางรายอาจมีอาเจียนร่วมด้วยและอาจเสียชีวิตได้ 2) แมงดาจาน ในอดีตพบมากในประเทศไทยทั้งฝั่งอันดามันและอ่าวไทย แต่ระยะหลังเริ่มลดลงจนเสี่ยงสูญพันธุ์ในฝั่งอ่าวไทย ลักษณะทางกายภาพของแมงดาจาน ลำตัวจะแบนกว้างเหมือนจาน หากสังเกตที่หางจะเป็นสามเหลี่ยมตั้งแต่โคนถึงกลางหาง ส่วนปลายหางจะแหลม อย่างไรก็ดี ไข่แมงดาจานจะมีพิษอยู่บ้างแต่ถือว่าน้อยมากจนอาจไม่เกิดอันตรายกับคนปกติ จึงนิยมนำไข่แมงดาจานมารับประทาน โดยเฉพาะคนจีน อินโดนีเซีย มาเลเซีย และไทย ทำให้จำนวนประชากรแมงดาจานเหลือน้อยมากในประเทศไทย จากการศึกษายังพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการลดจำนวนของแมงดาทะเลคือ การทำประมงชายฝั่งในช่วงฤดูผสมพันธุ์ซึ่งทำให้แมงดาทะเลลดจำนวนลงอย่างรวดเร็ว โดยฤดูผสมพันธุ์ของแมงดาถ้วยจะอยู่ในช่วงเดือนธันวาคมถึงเมษายนของทุกปี ส่วนแมงดาจานจะอยู่ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงกันยายนของทุกปี ซึ่งแมงดาทะเลต้องใช้เวลา 9-11 ปี ในการเจริญเติบโตเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์และมีไข่ตามที่คนนิยมบริโภค เมื่ออายุถึงวัยเจริญพันธุ์แล้วจะขึ้นมาบริเวณชายฝั่งในช่วงฤดูผสมพันธุ์ปีละ 1 ครั้ง ซึ่งเป็นช่วงที่ชาวประมงเลือกทำประมงชายฝั่งเพื่อจับแมงดาทะเลไปขาย อย่างไรก็ดีในแง่ของการอนุรักษ์ประชากรแมงดาจาน ประชาชนควรลดการรับประทานไข่แมงดาจานเพื่อให้แมงดาจานอยู่ในระบบนิเวศทางทะเลของประเทศไทยต่อไป

ที่มา : https://mgronline.com/science/detail/9630000027999

จากบทความใช้ตอบคำถามข้อที่ 15-16

15. คำถามส่วนที่ 1 หากนักเรียนไปเที่ยวทะเลในจังหวัดชลบุรีช่วงเดือนเมษายน และซื้อแมงดาทะเลเพื่อนำมาบริโภคจากร้านขายส่งอาหารทะเล โดยเลือกซื้อแมงดาทะเลที่กระดองแบน กว้างและมีสีน้ำตาลอมเขียว หางแข็งและยาวเป็นเหลี่ยมมาย่างเพื่อรับประทานไข่ หลังจากผ่านไป 5 ชั่วโมง พบว่ามีผื่นแดงขึ้นที่ข้อพับของแขนและขา ร่วมกับอาการคันที่ผิวหนังบริเวณลำตัว นักเรียนจะสรุปเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นนี้อย่างไร (การสร้างข้อสรุป)

1. อาการดังกล่าวเกิดจากการบริโภคแมงดาจานที่ผสมพันธุ์กับแมงดาถ้วยในช่วงเดือนเมษายนจึงทำให้สารพิษสะสมในไข่ของแมงดาจาน

2. อาการดังกล่าวเกิดจากการบริโภคแมงดาถ้วย ส่งผลให้เกิดอาการแพ้อาหารทะเลและอาจเกิดอาการแขนขาชาตามมาได้ถ้าไม่รีบไปพบแพทย์

3. อาการดังกล่าวเกิดจากการบริโภคแมงดาจาน และแพ้สารที่อยู่ในไข่ของแมงดาจานถ้าเกิดการแพ้รุนแรงอาจทำให้หลอดลมตีบจนหายใจไม่ออกได้

4. อาการดังกล่าวเกิดจากการบริโภคแมงดาถ้วย ที่มีขนาดใหญ่จนทำให้ลักษณะของหางที่กลมมน ขยายขนาดจนเป็นเหลี่ยม ทำให้หลังจากรับประทานเกิดอาการแพ้และมีผื่นแดงขึ้นตามร่างกาย

คำถามส่วนที่ 2 เพราะเหตุใดจึงเลือกตอบเช่นนี้

....

....

....

....

....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

16. คำถามส่วนที่ 1 ถ้าความนิยมในการบริโภคแมงดาจานเพิ่มมากขึ้นและในปี 2563 มีการทำประมงชายฝั่งในทุกจังหวัดของประเทศไทยที่ติดอ่าวไทยส่งผลให้แมงดาจานวัยเจริญพันธุ์ถูกจับไปทุกตัว จากนั้นทางราชการจึงออกกฎหมายห้ามทำประมงชายฝั่งเพื่อจับแมงดาจาน นักเรียนคิดว่าในอีก 10 ปีข้างหน้า จะเกิดเหตุการณ์ใดกับประชากรของแมงดาจาน (การพยากรณ์)

1. พบแมงดาจานวัยเจริญพันธุ์อายุ 9 ปี ขึ้นไปที่ชายฝั่งในฤดูผสมพันธุ์ดังเดิม

2. แมงดาจานจะสูญพันธุ์ไปจนหมดจากการทำประมงชายฝั่งในครั้งนี้ ทำให้ไม่พบแมงดาจานอีก

3. ตัวอ่อนของแมงดาจานจากการผสมพันธุ์ในปีนี้จะเติบโตและอพยพหนีไปยังแหล่งที่อยู่ใหม่

4. พบแมงดาจานสายพันธุ์ใหม่ที่อพยพมาจากประเทศอื่น และขยายพันธุ์เพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วเนื่องจากมีความสมบูรณ์ของแหล่งอาหาร

<u>คำถามส่วนที่ 2</u> เพราะเหตุใดจึงเลือกตอบเช่นนี้

....

....

....

....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบบันทึกการสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ

วัตถุประสงค์

เพื่อใช้ในการสัมภาษณ์นักเรียนแบบไม่เป็นทางการเกี่ยวกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ใน 2 กรณี คือ 1. หลังจากตรวจแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ฉบับก่อนเรียนและหลังเรียน และ 2. หลังจากการตรวจบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียนที่เรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน

ชื่อผู้เข้ารับการสัมภาษณ์ ....

หัวข้อในการสัมภาษณ์ ....

จุดมุ่งหมายในการสัมภาษณ์ ....

กรณีการสัมภาษณ์ ☐ 1. หลังจากตรวจแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ฉบับก่อนเรียนและหลังเรียน

☐ 2. หลังจากการตรวจบันทึกการเรียนรู้

วันที่สัมภาษณ์ .... สถานที่สัมภาษณ์ ....

เริ่มสัมภาษณ์เวลา .... สิ้นสุดเวลา .... ผู้สัมภาษณ์ ....

ข้อคำถามหลัก ตามองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

- องค์ประกอบที่ 1 การพิจารณาและใช้หลักฐาน

1. นักเรียนมีวิธีการรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์หลักฐานอย่างไร

- องค์ประกอบที่ 2 การพยากรณ์

1. นักเรียนมีการการคาดคะเนหรือการพยากรณ์คำตอบที่เป็นไปได้จากสถานการณ์นั้นอย่างไร

- องค์ประกอบที่ 3 การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานเพื่อนำไปสู่การสร้างข้อสรุป

1. นักเรียนจะอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานที่พบกับข้อสรุปได้อย่างไร

- องค์ประกอบที่ 4 การสร้างข้อสรุป

1. นักเรียนจะสรุปเรื่องราว/เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างไร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คำถามที่ผู้วิจัยใช้	คำตอบของนักเรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คำถามที่ผู้วิจัยใช้	คำตอบของนักเรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บันทึกการเรียนรู้

1) กิจกรรมการเรียนการสอนโดยสรุป

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

2) ผลการเรียนรู้ที่เกิดขึ้น

....

....

....

....

....

3) ความรู้สึกและประสบการณ์ที่ได้รับ

....

....

....

....

....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4) ปัญหาที่พบในการเรียนรู้

....

....

....

....

....

5) แนวทางการแก้ไข

....

....

....

....

....

6) การประยุกต์ใช้ความรู้และประสบการณ์ที่ได้รับ

....

....

....

....

....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ค
เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

ประกอบด้วย 1. แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน

2. ตัวอย่างเกมการศึกษาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐาน

หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง พันธุวิศวกรรมและการโคลนยีน

รายวิชา ชีววิทยา 2 **รหัสวิชา ว30242**

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 **ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564**

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ **เวลา 5 คาบ (275 นาที)**

ผู้สอน นายวิศรุฒม์ เอมสมบูรณ์

---

1. มาตรฐานการเรียนรู้/ผลการเรียนรู้

สาระชีววิทยา ข้อที่ 2

เข้าใจการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซม สมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม การเกิดมิวเทชัน เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ หลักฐานข้อมูลและแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก การเกิดสปีชีส์ใหม่ ความหลากหลายทางชีวภาพ กำเนิดของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต และอนุกรมวิธาน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้ข้อที่

10. อธิบายหลักการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมโดยใช้ดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์

2. สาระการเรียนรู้

การใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ในการสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ สามารถนำไปใช้ในการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม โดยนำยีนที่ต้องการมาตัดต่อใส่ในสิ่งมีชีวิต ทำให้สิ่งมีชีวิตนั้นมีสมบัติตามต้องการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้ (K)

1. อธิบายหลักการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมได้
2. อธิบายหลักการสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ได้
3. อธิบายการโคลนยีนโดยใช้พลาสมิดของแบคทีเรียได้
4. อธิบายการโคลนยีนโดยใช้เทคนิค PCR ได้
5. เปรียบเทียบการโคลนยีนโดยใช้พลาดมิดของแบคทีเรียและเทคนิค PCR ได้

ด้านทักษะ/กระบวนการ (P)

1. สืบค้นข้อมูลและเขียนหลักการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมได้

2. สืบค้นข้อมูลและเขียนหลักการสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ได้

3. สืบค้นข้อมูลและเขียนการโคลนยีนโดยใช้พลาสมิดของแบคทีเรียได้

4. สืบค้นข้อมูลและเขียนการโคลนยีนโดยใช้เทคนิค PCR ได้

ด้านคุณลักษณะ (A)

1. ใฝ่เรียนรู้

2. ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

4. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

4.1 พันธุวิศวกรรม คือ การตัดต่อยีนเป้าหมายของสิ่งมีชีวิตหนึ่งเข้าไปยังอีกสิ่งมีชีวิตหนึ่ง เพื่อทำให้สิ่งมีชีวิตที่ได้รับยีนเป้าหมายแสดงออกมาให้ได้ลักษณะตามที่ต้องการ เรียกสิ่งมีชีวิตที่ได้รับการเปลี่ยนแปลงยีนหรือได้รับการตัดต่อยีนว่าสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม (Genetically Modified Organisms หรือ GMOs) โดยวิธีการที่นิยมในการตัดต่อยีนคือ นำยีนเป้าหมายที่ต้องการตัดต่อใส่ในดีเอ็นเอพาหะ (vector) เช่น พลาสมิด (plasmid) และเพิ่มจำนวนพลาสมิดให้ได้ตามที่ต้องการแล้วนำพลาสมิดที่มียีนนั้นใส่เข้าไปในสิ่งมีชีวิตเป้าหมาย เช่น การสร้างฮอร์โมนอินซูลินจากแบคทีเรียที่ได้รับพลาสมิดที่มียีนสร้างฮอร์โมนอินซูลินจากมนุษย์ ทำให้แบคทีเรียสามารถสร้างฮอร์โมนอินซูลินได้

4.2 เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ คือ การนำเทคโนโลยีทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการตัดต่อและเปลี่ยนแปลงยีน เพื่อสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมหรือผลิตภัณฑ์ที่เป็นประโยชน์ต่อมนุษย์ เช่น การตัดต่อยีน การสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ การโคลนยีนด้วยวิธีต่าง ๆ เป็นต้น

4.3 การสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ คือ การสร้างดีเอ็นเอสายผสมที่เกิดจากการตัดต่อดีเอ็นเอของสิ่งมีชีวิตที่มีแหล่งที่มาต่างกันเข้าด้วยกัน เพื่อให้เกิดการแสดงออกของยีนตามที่ต้องการ โดยใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะ (restriction enzyme) ตัดลำดับเบสบนชิ้นส่วนของดีเอ็นเอที่ตำแหน่งจดจำ (restriction site) ของดีเอ็นเอทั้งสองแหล่ง ซึ่งมีลำดับเบสในลักษณะพาลินโดรม (palindrome) คือ เมื่ออ่านจากปลาย 5’ ไป 3’ จะได้ลำดับเบสเหมือนกันทั้งสองสาย จากนั้นเชื่อมต่อกันด้วยเอนไซม์ดีเอ็นเอไลเกส ที่ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาการสร้างพันธะฟอสโฟไดเอสเทอร์ระหว่างดีเอ็นเอสองโมเลกุลเข้าด้วยกัน ซึ่งจะได้รีคอมบิแนนท์ดีเอ็นเอลักษณะตามที่ต้องการ

4.4 การโคลนดีเอ็นเอ คือ การเพิ่มจำนวนดีเอ็นเอที่เหมือนกัน และถ้าดีเอ็นเอบริเวณดังกล่าวเป็นยีนจะเรียกว่า การโคลนยีน การเพิ่มจำนวนดีเอ็นเออาจทำได้โดย 2 วิธี คือ 1) ใช้พลาสมิดของแบคทีเรียและ 2) เทคนิค PCR (Polymerase Chain Reaction : PCR)

4.4.1 การโคลนยีนโดยใช้พลาสมิดของแบคทีเรีย คือ การเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอโดยใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะ ตัดสายดีเอ็นเอบริเวณที่มียีนที่ต้องการ แล้วนำไปเชื่อมต่อกับเวกเตอร์ เช่น พลาสมิดของแบคทีเรีย โดยตัดพลาสมิดที่มีจุดตัดจำเพาะเดียวกัน เมื่อเชื่อมสายดีเอ็นเอทั้งสองสาย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ด้วยเอนไซม์ดีเอ็นเอไลเกส แล้วนำกลับเข้าไปในเซลล์แบคทีเรียเพื่อเพิ่มจำนวน นิยมใช้เมื่อต้องการโคลนยีนจำนวนมาก

4.4.2 การโคลนยีนโดยใช้เทคนิค PCR คือ การเพิ่มปริมาณยีนในหลอดทดลองจากดีเอ็นเอแม่แบบโดยใช้ความร้อนสูงในการสลายพันธะไฮโดรเจนระหว่างเบสคู่สมและเอนไซม์ดีเอ็นเอเพอริเมอเรส ในการเชื่อมนิวคลีโอไทด์ที่ปลาย 3’ ของไพรเมอร์ และจำลองดีเอ็นเอซ้ำหลาย ๆ รอบเพื่อให้ได้ดีเอ็นเอจำนวนมาก

5. กิจกรรมการเรียนรู้

1) ขั้นนำเสนอสถานการณ์ (10 นาที)

ครูนำเสนอข่าวเกี่ยวกับสถานการณ์การระบาดของไวรัสโควิด-19 (COVID-19) ที่เริ่มเกิดขึ้นในเมืองอู่ฮั่น ประเทศจีน และมีการระบาดทั่วโลกโดยมียอดผู้ติดเชื้อมากกว่า 100 ล้านคน ปัจจุบันยังไม่มียาที่สามารถต้านเชื้อโควิด-19 ได้ แต่ทุกประเทศมีแนวทางการป้องกันการแพร่ระบาดของเชื้อร่วมกัน คือรักษาระยะห่างทางสังคม สวมหน้ากากอนามัยและล้างมือด้วยแอลกอฮอล์ ซึ่งทางการแพทย์กำลังพัฒนาวัคซีนเพื่อป้องกันโรคอย่างเร่งด่วน โดยประเทศไทยก็กำลังวิจัยและเริ่มผลิตวัคซีนซึ่งปัจจุบันอยู่ในขั้นทดลองใช้กับสัตว์เพื่อนำวัคซีนมาใช้กับมนุษย์ให้ทันในปี ค.ศ. 2020 นี้ (ข้อมูล ณ วันที่ 15 ธันวาคม 2563) ครูใช้คำถามว่า

1) ประเทศไทยมีมาตรการในการป้องกัน เชื้อไวรัสโควิด-19 อย่างไร (รณรงค์ให้สวมใส่หน้ากากอนามัย เว้นระยะห่างทางสังคมและล้างมือด้วยแอลกอฮอล์)

2) นักเรียนคิดว่าการระบาดของไวรัสโควิด-19 จะหมดไปหรือไม่ อย่างไร (หมดไป โดยการป้องกันไม่ให้เชื้อแพร่ระบาดและการผลิตยาหรือวัคซีนป้องกัน)

3) วิธีการใดที่จะกำจัดไวรัสโควิด-19 ได้อย่างยั่งยืนและเหมาะสมที่สุดในปีนี้ (สร้างวัคซีนกำจัด, เซรุ่ม,ผลิตยาต้านไวรัสและสร้างวินัยให้กับทุกคน เป็นต้น)

4) การผลิตวัคซีนและเซรุ่มป้องกับไวรัสโควิด 19 มีความเหมือนและแตกต่างกันอย่างไร (วัคซีนคือการนำเชื้อไวรัสโควิด 19 มาทำให้อ่อนกำลังและไม่สามารถก่อโรคได้มาฉีดเข้าสู่ร่างกายมนุษย์เพื่อให้ร่างกายสร้างภูมิคุ้มกันด้วยตนเอง ส่วนเซรุ่มคือการนำสารแอนติบอดีที่สร้างขึ้นจากสิ่งมีชีวิตฉีดเข้าสู่ร่างกายผู้ติดเชื้อเพื่อให้เกิดการต่อต้านเชื้อไวรัสโควิด 19 ในทันที)

5) จากสถานการณ์การแพร่ระบาดของไวรัสโควิด 19 ในปัจจุบัน ซึ่งยังไม่สามารถผลิตวัคซีนได้ ประกอบกับไวรัสโควิด 19 มีการกลายพันธุ์อย่างรวดเร็ว นักเรียนคิดว่าประเทศไทยควรผลิตเซรุ่มหรือไม่ เพราะอะไร (ควรผลิตเซรุ่มเพื่อรักษาผู้ป่วยที่ติดเชื้อแล้วให้มีภูมิคุ้มกันต่อต้านเชื้อในทันที ซึ่งทำให้ผู้ติดเชื้อมีโอกาสรอดชีวิตสูง ส่วนวัคซีนนั้นเป็นการผลิตเพื่อป้องกันการติดเชื้อให้กับผู้ที่ยังไม่ติดเชื้อโดยให้ร่างกายสร้างภูมิคุ้มกันด้วยตนเอง)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4) การผลิตเซรุ่มเพื่อป้องกันไวรัสโควิด-19 ใช้ความรู้วิทยาศาสตร์เรื่องใดบ้าง (เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอในการตัดต่อพันธุกรรม, พันธุศาสตร์, ไวรัส, ภูมิคุ้มกัน, สรีรวิทยา การตรวจหาและรักษาโรค)

5) นักเรียนคิดว่าในการผลิตเซรุ่มป้องกันไวรัสโควิด-19 มีขั้นตอนการผลิตอย่างไร (นำยีนที่สร้างสารแอนติบอดีกำจัดไวรัสโควิด-19 จากสิ่งมีชีวิตที่สามารถกำจัดไวรัสโควิด 19 ได้ มาตัดต่อเข้ากับพลาสมิดของแบคทีเรียและใส่กลับเข้าไปในแบคทีเรีย เมื่อแบคทีเรียเพิ่มจำนวนและสร้างสารแอนติบอดีที่กำจัดไวรัสโควิด-19 จำนวนมากจึงสกัดมาทำเซรุ่ม เป็นต้น)

ครูนำเสนอเรื่องราวของเกม ดังนี้

"ค.ศ. 2019 มีการระบาดของเชื้อไวรัส SARS-CoV-2 หรือไวรัสโควิด-19 ทั่วโลก ซึ่งส่งผลให้มีผู้ติดเชื้อและเสียชีวิตจำนวนมาก จึงเกิดมาตรการป้องกันเชื้อไวรัสอย่างเคร่งครัด โดยให้ทุกคนสวมใส่หน้ากากอนามัยเพื่อป้องกันไวรัสโควิด 19 และละอองฝอยที่เกิดขึ้นจากการไอ จามของผู้ป่วย ล้างมือด้วยแอลกอฮอล์เป็นประจำและรักษาระยะห่างระหว่างกัน ซึ่งการระงับโรคที่เกิดจากไวรัสชนิดนี้ต้องใช้วัคซีนและเซรุ่ม โดยนักวิทยาศาสตร์ทั่วโลกกำลังเร่งคิดค้นและผลิตวัคซีนและเซรุ่มดังกล่าว"

จากสถานการณ์ให้นักเรียนรับบทบาทสมมติเป็นนักพันธุวิศวกรรมที่มีหน้าที่ตัดต่อพันธุกรรมเพื่อผลิตเซรุ่มกำจัดเชื้อไวรัสโควิด-19 โดยใช้วิธีการทางพันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ กำหนดให้ยีนของสิ่งมีชีวิตในเกมเป็นยีนที่สามารถสร้างสารกำจัดไวรัสโควิด-19 ได้ ซึ่งนักเรียนต้องเลือกใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะ ให้มีความเหมาะสมกับลำดับเบสและโคลนยีนด้วยวิธีการสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์หรือโดยเทคนิค PCR เพื่อสร้างเซรุ่มและส่งต่อไปยังผู้ป่วย โดยครูเปิดโอกาสให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากข้อมูลในเกมและแหล่งข้อมูลออนไลน์เพื่อนำมากำหนดคำถามในการผลิตเซรุ่มดังกล่าว โดยมีคำถามปลายเปิดที่ว่า "นักเรียนจะผลิตเซรุ่มป้องกันเชื้อไวรัสโควิด-19 ได้อย่างไร"

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2) ขั้นอธิบายเกม (30 นาที)

ครูอธิบายชื่อเกม วิธีการเล่นเกม และสาธิตการเล่นเกม โดยเกมนี้มีชื่อว่า COVID-19 เป็นเกมประเภทเกมกระดาน ที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับสถานการณ์การระบาดของเชื้อไวรัสโควิด-19 ในปัจจุบัน

ด่านที่ 1 สืบจากสายดีเอ็นเอ (10 นาที)

ด่านนี้ใช้ผู้เล่น 4 คน วิธีการเล่น มีดังนี้

1) ให้นักเรียนรับบทบาทสมมติเป็นนักพันธุวิศวกรรม ที่มีหน้าที่ในการผลิตเซรุ่มเพื่อกำจัดไวรัสโควิด-19 โดยค้นหายีนของสิ่งมีชีวิตที่มีคุณสมบัติกำจัดเชื้อไวรัสโควิด-19 ได้ ซึ่งนักเรียนจะได้รับข้อมูลลักษณะของไวรัสโควิด-19 เพื่อเป็นแนวทางในการค้นหายีนที่ต้องการ และนำไปตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะที่เหมาะสมเพื่อให้ได้สายดีเอ็นเอที่สั้นที่สุด ซึ่งจะนำไปผลิตเซรุ่มในด่านต่อไป

2) ก่อนเริ่มเกมนักเรียนจะได้รับข้อมูลของไวรัสโควิด-19, ยีนของใบยาสูบ ลามะและม้า และเอนไซม์ตัดจำเพาะจำนวน 5 ชนิด ที่มีบริเวณจดจำแตกต่างกัน

3) เริ่มเกมโดยในกระดานเกมมีลำดับเบสของยีนที่สามารถกำจัดเชื้อไวรัสโควิด-19 ได้ ซึ่งนักเรียนจะต้องค้นหาว่ายีนนั้นอยู่ในสิ่งมีชีวิตใดจากข้อมูลของไวรัสโควิด-19 ที่ได้รับ โดยสิ่งมีชีวิตที่นักวิทยาศาสตร์สันนิษฐานว่าจะมียีนดังกล่าวอยู่ ได้แก่ใบยาสูบ, ลามะและม้า ซึ่งเกมจะมีข้อมูลทางเภสัชวิทยา ข้อมูลทางการแพทย์ของการใช้สิ่งมีชีวิตดังกล่าวในการผลิตวัคซีนหรือเซรุ่มเพื่อนำมารักษาโรค นักเรียนที่สามารถระบุได้เป็นคนแรกว่ายีนที่ต้องการอยู่ในสิ่งมีชีวิตใดจะได้แต้มคะแนน 1 คะแนน และมีโอกาสจั่วไพ่เป็นคนแรก

4) นักเรียนค้นหาข้อมูลพร้อมทั้งหาลำดับเบสที่เหมาะสมโดยใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะตัดเบสบริเวณจดจำเพื่อให้ได้ชิ้นส่วนที่มียีนที่ต้องการและตัดให้ได้ชิ้นส่วนที่สั้นที่สุด เพื่อนำไปเพิ่มจำนวนโดยการโคลนต่อไป ซึ่งนักเรียนแต่ละคนต้องพิจารณาและสืบสอบจากลำดับเบสที่เป็นบริเวณจดจำของเอนไซม์ตัดจำเพาะแต่ละชนิดเทียบกับลำดับเบสบนดีเอ็นเอ โดยในเกมจะมีลำดับเบสที่มียีนแต่ละชิ้นส่วนเช่นเดียวกับบนกระดานเกมใส่ไว้ในแผ่นกระดาษ พร้อมกรรไกร ให้นักเรียนได้ทดลองตัดก่อนตัดสินใจเลือก

5) นักเรียนจั่วไพ่ในกองทีละคนเพื่อเปิดชิ้นส่วนของดีเอ็นเอบนกระดานของเกมทีละชิ้น โดยการเปิดชิ้นส่วนที่มีหมายเลขใด จะได้รับคะแนนเท่ากับหมายเลขนั้น เช่น เปิดไพ่ได้หมายเลข 5 ให้นักเรียนเปิดชิ้นส่วนของดีเอ็นเอบนกระดานเกมที่หมายเลข 5 เมื่อนักเรียนระบุว่าชิ้นส่วนนั้นสามารถตัดได้ด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดใด จะได้ 5 คะแนน โดยนักเรียนที่ร่วมเล่นและสามารถระบุได้ว่าชิ้นส่วนนั้นสามารถตัดได้ด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดใดจะได้คะแนนเช่นกัน แต่คะแนนจะน้อยกว่านักเรียนที่เปิดไพ่ 1 คะแนน เช่น นักเรียนที่เปิดไพ่หมายเลข 5 เมื่อระบุชนิดของเอนไซม์ตัดจำเพาะได้ถูกต้องจะได้รับ 5 คะแนน ส่วนนักเรียนที่ร่วมเล่นเมื่อระบุชนิดของเอนไซม์ตัดจำเพาะได้ถูกต้องจะได้รับ 4 คะแนน เป็นต้น ในกรณีที่นักเรียนเปิดไพ่ได้หมายเลข 1 และไม่สามารถระบุชนิดเอนไซม์ได้ถูกต้อง เพื่อนที่ร่วมเล่นสามารถช่วยตอบได้ โดยจะได้รับคะแนน 1 คะแนน เช่นกัน

6) กรณีที่นักเรียนเปิดไพ่แล้วไม่สามารถระบุได้ว่าชิ้นส่วนของดีเอ็นเอที่เปิดมานั้นสามารถตัดได้โดยเอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดใด จะไม่ได้รับคะแนน และนักเรียนที่จะเปิดไพ่เป็นคนถัดไปจะได้รับสิทธิ์ในการตอบ ถ้าตอบไม่ถูกต้องก็ให้คนถัดไปตอบจนกว่าจะครบทุกคน โดยครูเป็นผู้เฉลยคำตอบของแต่ละครั้งของการตอบและผู้ที่ได้รับคะแนนจะต้องอธิบายด้วยว่าเอนไซม์ตัดจำเพาะที่เลือกนั้นมีบริเวณจดจำที่ลำดับเบสใด และเมื่อตัดแล้วได้ชิ้นส่วนของดีเอ็นเอเป็นอย่างไร ใกล้กับยีนที่ต้องการและทำให้ได้สายที่สั้นที่สุดหรือไม่

7) นักเรียนต้องสืบสอบร่วมกันโดยการเปิดไพ่ทีละใบจนกว่าจะเปิดชิ้นส่วนดีเอ็นเอบนกระดานออกทั้งหมด ซึ่งสามารถสนทนากันเพื่อนำไปสู่ข้อสรุปที่ถูกต้องได้

8) คะแนนในการเปิดไพ่แต่ละตำแหน่งจะไม่เท่ากัน โดยคะแนนที่มากที่สุดจะเป็นตำแหน่งของเบสที่อยู่ใกล้ยีนที่ต้องการมากที่สุด

9) เมื่อจั่วไพ่จนเปิดชิ้นส่วนดีเอ็นเอครบแล้ว ให้นักเรียนแต่ละคนระบุว่าเอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดใดบ้างที่สามารถตัดบริเวณจดจำแล้วได้ชิ้นส่วนของดีเอ็นเอที่สั้นที่สุด และนำไปใช้ในการเพิ่มจำนวนยีนโดยการโคลนต่อไป

ด่านที่ 2 โคลนยีน

ด่านนี้บนกระดานของเกมจะมีชิ้นส่วนของดีเอ็นเอที่สั้นที่สุดจากด่านที่ 1 และให้นักเรียนเพิ่มชิ้นส่วนนี้เพื่อนำยีนไปสร้างเซรุ่มต่อไป โดยระบุว่ามี 2 แนวทางในการเพิ่มจำนวนชิ้นส่วนของดีเอ็นเอที่มียีนที่ต้องการ ซึ่งเรียกว่า “การโคลนยีน” นักเรียนสามารถเลือกได้ว่าจะโคลนยีนโดยใช้วิธีใดจาก 2 วิธี คือ ด่าน 2.1 การโคลนยีนด้วยพลาสมิดของแบคทีเรีย และด่านที่ 2.2 การโคลนยีนโดยใช้เทคนิค PCR โดยนักเรียนเล่นเกมจากด่านที่ 2.1 ก่อนและต่อด้วยด่าน 2.2 เมื่อเล่นจบทั้งสองด่านนักเรียนร่วมกันสรุปว่าจะเลือกวิธีการใดเพื่อสร้างวัคซีนป้องกันโควิด-19 เพราะเหตุใดจึงเลือกวิธีการดังกล่าว

ด่านที่ 2.1 การโคลนยีนด้วยพลาสมิดของแบคทีเรีย (10 นาที)

นักเรียนนำลำดับเบสของดีเอ็นเอจากด่านที่ 1 มาเพิ่มจำนวน โดยใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะตัดที่บริเวณจดจำบนพลาสมิดของแบคทีเรียและเชื่อมสายดีเอ็นเอทั้งสองสายเข้าด้วยกันโดยใช้เอนไซม์ดีเอ็นเอไลเกส มีวิธีการเล่น ดังนี้

1) นักเรียนจั่วไพ่ในกองที่มีหมายเลขระบุชิ้นส่วนของพลาสมิด เมื่อเปิดชิ้นส่วนของ พลาสมิดบนกระดานเกมแล้ว ให้นักเรียนระบุว่าชิ้นส่วนนั้นสามารถตัดได้โดยใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดใด นักเรียนที่จั่วไพ่และระบุชนิดเอนไซม์ตัดจำเพาะได้ถูกต้อง จะได้คะแนนตามหมายเลขที่ระบุบนไพ่ เช่น จั่วไพ่ได้หมายเลข 3 และระบุได้ว่าลำดับเบสบนพลาสมิดสามารถตัดได้ด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดใด จะได้รับคะแนน 3 คะแนน เป็นต้น

2) กรณีที่นักเรียนจั่วไพ่แล้วไม่สามารถระบุได้ว่าชิ้นส่วนของพลาสมิดที่เปิดมานั้นสามารถตัดได้โดยเอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดใด จะไม่ได้รับคะแนน และนักเรียนที่เปิดไพ่เป็นคนถัดไปจะได้รับสิทธิ์ในการตอบ ถ้าตอบไม่ถูกต้องก็ให้คนถัดไปตอบจนกว่าจะครบทุกคน ผู้ได้รับคะแนนจะต้องอธิบายด้วยว่าเอนไซม์ตัดจำเพาะที่เลือกนั้นมีบริเวณจดจำที่ลำดับเบสใด เมื่อตัดแล้วได้ชิ้นส่วนของดีเอ็นเอเป็นอย่างไรและสามารถเชื่อมสายดีเอ็นเอจากด่านที่ 1 เข้ากับดีเอ็นเอของพลาสมิดได้หรือไม่ อย่างไร ซึ่งในเกมจะมีลำดับเบสที่มียีนแต่ละชิ้นส่วนเช่นเดียวกับบนกระดานเกมใส่ไว้ในแผ่นกระดาษ พร้อมกรรไกร ให้นักเรียนได้ทดลองตัดก่อนตัดสินใจเลือก

3) นักเรียนที่จั่วไพ่และระบุได้ว่าเอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดใดที่ตัดเบสบนพลาสมิดได้พอดีกับเบสบนดีเอ็นเอจากด่านที่ 1 จะเป็นผู้เชื่อมสายของดีเอ็นเอทั้งสองเข้าด้วยกันโดยใช้เอนไซม์ดีเอ็นเอ

ไลเกส กรณีที่นักเรียนไม่มีไพ่เอนไซม์ดีเอ็นเอไลเกส นักเรียนลำดับถัดไปที่มีไพ่จะเป็นคนเชื่อมสาย ทำให้ได้ดีเอ็นเอสายผสมหรือรีคอมบิแนนท์ดีเอ็นเอซึ่งนักเรียนคนนั้นจะได้รับคะแนนพิเศษ จากนั้นนำใส่กลับเข้าไปในแบคทีเรียเพื่อเพิ่มจำนวนยีนที่ต้องการ ซึ่งนักเรียนจะต้องร่วมกันนำชิ้นส่วนดีเอ็นเอจากด่านที่ 1 ที่เป็นแผ่นกระดาษในกล่องของเกมเชื่อมติดกับพลาสมิดของแบคทีเรีย โดยใช้กรรไกรตัดชิ้นส่วนที่เลือกและเชื่อมต่อกันโดยใช้เทปกาว ซึ่งจะได้ดีเอ็นเอในลักษณะเป็นวงกลม

4) นักเรียนแต่ละคนจะสืบสอบร่วมกันโดยการเปิดไพ่ทีละใบจนกว่าจะเปิดชิ้นส่วนดีเอ็นเอบนกระดานออกทั้งหมด ซึ่งสามารถสนทนากันเพื่อนำไปสู่ข้อสรุปที่ถูกต้อง โดยในด่านนี้จะใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะ 2 ชนิด ที่แตกต่างกัน นักเรียนต้องระดมสมองร่วมกันเพื่อตัดสินว่าควรใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดใด ตัดที่บริเวณตำแหน่งใดบนพลาสมิด

5) คะแนนในการเปิดไพ่แต่ละตำแหน่งจะไม่เท่ากัน โดยคะแนนที่มากที่สุดจะเป็นตำแหน่งของเบสที่อยู่ใกล้กับบริเวณจดจำของยีนเป้าหมายบนพลาสมิดมากที่สุด

6) เมื่อจั่วไพ่จนเปิดชิ้นส่วนดีเอ็นเอครบแล้ว ให้นักเรียนแต่ละคนระบุว่าเอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดใดที่สามารถตัดบริเวณจดจำบนพลาสมิดแล้วเชื่อมต่อกับดีเอ็นเอที่ได้จากด่านที่ 1 ได้อย่างพอดีเพื่อนำดีเอ็นเอรี-คอมบิแนนท์ใช้ในการเพิ่มจำนวนยีนโดยการโคลนต่อไป

ด่านที่ 2.2 การโคลนยีนด้วยเทคนิค PCR (10 นาที)

นักเรียนนำชิ้นส่วนดีเอ็นเอจากด่านที่ 1 มาโคลนยีนโดยใช้เทคนิค PCR ซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1) denaturation คือ การที่สายดีเอ็นเอแยกออกจากกัน โดยการสลายพันธะไฮโดรเจนระหว่างเบสคู่สม ด้วยอุณหภูมิประมาณ 92-95 °C 2) annealing คือ การที่ไพรเมอร์มาจับดีเอ็นเอแม่แบบที่มีเบสคู่สมกัน โดยใช้อุณหภูมิประมาณ 50-60 °C และ 3) extension คือ การสร้างสายดีเอ็นเอต่อจากไพรเมอร์จนสุดสายของดีเอ็นเอ โดยใช้อุณหภูมิประมาณ 72 ° C ซึ่งมีวิธีการเล่นดังนี้

CHULALONGKORN UNIVERSITY

1) ขั้น denaturation กำหนดอุณหภูมิตั้งต้นของสารคือ 65 °C นักเรียนจะต้องค้นหาวิธีเพิ่มอุณหภูมิ โดยจั่วไพ่ในกองเพื่อให้ได้เบสคู่สมของเบสบนดีเอ็นเอแม่แบบที่ได้จากด่านที่ 1 โดยไพ่แต่ละใบจะมีตัวเลขกำกับ เมื่อนักเรียนจับคู่เบสคู่สมกับเบสของดีเอ็นเอแม่แบบแล้วจะเป็นการตัดพันธะไฮโดรเจนระหว่างสายดีเอ็นเอ ซึ่งจะได้คะแนนตามตัวเลขที่ระบุในไพ่ โดยอุณหภูมิของดีเอ็นเอก็จะเพิ่มขึ้นตามคะแนนของตัวเลขที่ระบุในไพ่เช่นกัน ซึ่งการตัดสายดีเอ็นเอจะเริ่มจากลำดับเบสที่อยู่นอกสุดก่อน โดยใช้ดีเอ็นเอเส้นที่มีปลาย 3’ เป็นต้นแบบในการเล่นเกมนี้ เช่น ลำดับเบสของดีเอ็นเอแม่แบบ คือ 3’ TGCCT…TAA 5’ ไพ่ที่ใช้สลายพันธะตัวแรก คือ A เนื่องจากเป็นเบสคู่สมกับ T สมมติว่าไพ่ A มีตัวเลข 5 ระบุบนไพ่ จะทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้น 5 ° C คือจาก 65 °C เป็น 70 °C เป็นต้น โดยนักเรียนที่นำไพ่มาต่อจะได้ 5 คะแนน เมื่อคะแนนอุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึง 92 °C ขั้นตอนนี้ก็จะสิ้นสุดลงและเกิดการสลายพันธะของดีเอ็นเอตลอดสาย

2) ขั้น annealing ขั้นนี้นักเรียนจะค้นหาไพรเมอร์จากการจั่วไพ่ในกอง ซึ่งเป็นเบสคู่สมที่ตรงกับตำแหน่งเริ่มต้นของสายดีเอ็นเอแม่แบบ โดยนักเรียนที่จั่วไพ่ในกองแล้วพบลำดับเบสของไพรเมอร์จะได้คะแนนตามที่ระบุไว้ในไพ่ เช่น ลำดับเบสของดีเอ็นเอแม่แบบ คือ 3’ TGCCT...TAA 5’ ไพรเมอร์ที่เข้ามาจับคือ A สมมติว่าไพ่ A มีตัวเลข 5 ระบุบนไพ่ นักเรียนจะได้ 5 คะแนน ซึ่งในขั้นนี้กำหนดให้อุณหภูมิลดลงจากขั้น denaturation จนมาถึงประมาณ 60 °C

3) ขั้น extension นักเรียนจั่วไพ่ในกองหรือใช้ไพ่ที่ตัวเองมีอยู่ นำมาเติมเบสคู่สมของสายดีเอ็นเอแม่แบบต่อจากไพรเมอร์จนสิ้นสุดสาย โดยนักเรียนจะได้คะแนนเท่ากับตัวเลขที่อยู่ในไพ่ ซึ่งอุณหภูมิก็จะเพิ่มขึ้นตามตัวเลขที่ระบุในไพ่เช่นเดียวกัน โดยขั้นนี้จะเริ่มที่อุณหภูมิประมาณ 60 °C เมื่อนักเรียนวางไพ่จนอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจนถึง 72 °C ขั้นตอนนี้จะสิ้นสุดลงและเกิดการเติมเบสคู่สมจนสุดสายดีเอ็นเอ โดยนักเรียน คนที่ลงไพ่ใบสุดท้ายจะเป็นผู้นำสายดีเอ็นเอที่ได้จากการโคลนด้วยวิธี PCR ไปใช้ในการสร้างวัคซีน

3) ขั้นกำหนดคำถาม (15 นาที)

นักเรียนร่วมกันตั้งคำถามที่เป็นไปได้เพื่อสืบสอบ ตัวอย่าง

ด่านที่ 1 สืบจากสายดีเอ็นเอ (5 นาที)

1) เอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดใด มีบริเวณจดจำที่สามารถตัดลำดับเบสบนดีเอ็นเอแล้วได้สายดีเอ็นเอที่มียีนเป้าหมายและขนาดของสายดีเอ็นเอสั้นที่สุด

2) การตัดสายดีเอ็นเอเพื่อให้ได้ยีนที่ต้องการจำเป็นต้องใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดเดียวกันหรือไม่

ด่านที่ 2 การโคลนยีน

ด่านที่ 2.1 การโคลนยีนด้วยพลาสมิดของแบคทีเรีย (5 นาที)

1) เอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดใดที่ใช้ในการตัดดีเอ็นเอที่บริเวณจดจำของดีเอ็นเอแม่แบบและพลาสมิดได้2) จะเชื่อมดีเอ็นเอสองสายเข้าด้วยกันเพื่อให้เกิดเป็นดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ได้อย่างไร

ด่านที่ 2.2 การโคลนยีนด้วยเทคนิค PCR (5 นาที)

1) การโคลนด้วยเทคนิค PCR มีหลักการอย่างไร และได้ผลต่างจากการโคลนโดยใช้พลาสมิดของแบคทีเรียอย่างไร

2) การโคลนยีนโดยไม่ใช้เซลล์ของสิ่งมีชีวิตมีวิธีการอย่างไร

4) ขั้นการสืบสอบจากเกม (190 นาที)

ด่านที่ 1 COVID-19 (90 นาที)

นักเรียนเล่นเกมด่านที่ 1 การสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1) นักเรียนสืบค้นข้อมูลจากบัตรเกมที่มีรายละเอียดของไวรัสโควิด-19 และข้อมูลของสิ่งมีชีวิตที่คาดว่ามียีนที่สามารถต้านไวรัสโควิด-19 ได้ (สิ่งมีชีวิตที่นักวิทยาศาสตร์สันนิษฐานว่าจะมียีนดังกล่าวอยู่ ได้แก่ ใบยาสูบ, ลามะและม้า)

2) นักเรียนร่วมกันรวบรวมข้อมูลจากการอ่านและตรวจสอบลำดับเบสของยีนในสิ่งมีชีวิตที่สืบค้น ว่าตรงกับยีนบนกระดานของเกมหรือไม่ จากนั้นระบุคำตอบว่ายีนบนกระดานของเกมเป็นยีนของสิ่งมีชีวิต ชนิดใด (ลามะมียีนที่ตรงกับยีนบนกระดานของเกมและมีคุณสมบัติที่คาดว่าสามารถต้านเชื้อไวรัสโควิด-19 ได้)

3) นักเรียนเริ่มเล่นโดยการจั่วไพ่จากกอง โดยนักเรียนที่สามารถระบุได้เป็นคนแรกว่ายีนที่ต้องการอยู่ในสิ่งมีชีวิตใดจะเป็นผู้เปิดไพ่เป็นคนแรก

4) นักเรียนร่วมกันสืบค้นข้อมูลในเกม โดยแต่ละคนจะมีเอนไซม์ตัดจำเพาะ 5 ชนิด เมื่อจั่วไพ่ในกองได้ชิ้นส่วนใดของดีเอ็นเอ นักเรียนคนนั้นจะต้องนำเอนไซม์ตัดจำเพาะที่มีมีบริเวณจดจำเหมาะสมกับดีเอ็นเอแม่แบบบนกระดานเกมและตัดดีเอ็นเอบริเวณนั้น

5) นักเรียนอธิบายว่าเอนไซม์ตัดจำเพาะตัดตำแหน่งดีเอ็นเอนั้น ๆ ได้อย่างไร ซึ่งเป็นการนำเสนอข้อมูลให้กับเพื่อนที่ร่วมเล่นในการตัดสินใจว่าจะเลือกเอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดนั้นมาตัดสายดีเอ็นเอหรือไม่ โดยนักเรียนจะได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ผ่านการสนทนากลุ่มและรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการสืบสอบเพื่อนำมาวิเคราะห์และนำเสนอคำตอบเมื่อจบเกม กรณีนักเรียนนำเสนอข้อมูลไม่ถูกต้องครูทำหน้าที่ชี้แนะแนวทางเพื่อให้นักเรียนที่ร่วมเล่นวิเคราะห์และนำเสนอคำตอบที่ถูกต้อง

6) บันทึกคำตอบระหว่างการสืบสอบลงในใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง เกมด่านที่ 1 การสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์

ด่านที่ 2 การโคลนยีน

เกมด่านที่ 2.1 การโคลนยีนโดยใช้พลาสมิดของแบคทีเรีย (50 นาที)

นักเรียนนำชิ้นส่วนของดีเอ็นเอที่มียีนต่อต้านเชื้อไวรัสโควิด-19 ที่ได้จากด่านที่ 1 มาเพิ่มจำนวนโดยการโคลนด้วยพลาสมิดของแบคทีเรีย โดยมีวิธีการดังนี้

1) นักเรียนคนแรกจั่วไพ่เพื่อเปิดชิ้นส่วนของพลาสมิดตามหมายเลขที่ระบุบนไพ่ ซึ่งนักเรียนจะต้องอธิบายว่าจะใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดใดในการตัดบริเวณจดจำที่อยู่บนชิ้นส่วนนั้น

2) นักเรียนรวบรวมข้อมูลและสืบหาคำตอบจากการนำเสนอของเพื่อน และร่วมกันอภิปรายว่าตำแหน่งของพลาสมิดบริเวณนั้นสามารถใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดใดได้อีกบ้าง

3) นักเรียนจั่วไพ่และเปิดชิ้นส่วนของพลาสมิดจนหมด จากนั้นนำเสนอคำตอบว่าจะใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดใดบ้างมาตัดพลาสมิด เพื่อให้สามารถเชื่อมต่อกับชิ้นส่วนดีเอ็นเอที่มียีนต้านเชื้อไวรัสโควิด-19 จากด่านที่ 1 ได้พอดีกัน กรณีนักเรียนนำเสนอข้อมูลไม่ถูกต้องครูทำหน้าที่ชี้แนะแนวทางเพื่อให้นักเรียนที่ร่วมเล่นวิเคราะห์และนำเสนอคำตอบที่ถูกต้อง

4) นักเรียนเชื่อมพลาสมิดกับสายดีเอ็นเอที่มียีนต้านเชื้อไวรัสโควิด-19 จากด่านที่ 1 ด้วยเอนไซม์ดีเอ็นเอไลเกส เพื่อให้ได้รีคอมบิแนนท์ดีเอ็นเอและนำใส่กลับเข้าไปในเซลล์ของแบคทีเรียเพื่อเพิ่มจำนวนต่อไป

5) นักเรียนอธิบายการสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ที่เกิดจากการรวมกันของพลาสมิดกับสายดีเอ็นเอที่มียีนต้านเชื้อไวรัสโควิด-19

6) บันทึกคำตอบระหว่างการสืบสอบลงในใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง เกมด่านที่ 2.1 การโคลนยีนโดยใช้พลาสมิดของแบคทีเรีย

เกมด่านที่ 2.2 การโคลนยีนโดยใช้เทคนิค PCR (30 นาที)

นักเรียนนำชิ้นส่วนดีเอ็นเอจากด่านที่ 1 มาโคลนยีนด้วยเทคนิค PCR ผ่าน 3 ขั้นตอน คือ 1) denaturation คือ การที่สายดีเอ็นเอแยกออกจากกัน โดยการสลายพันธะไฮโดรเจนระหว่างเบสคู่สม ด้วยอุณหภูมิประมาณ 92-95 °C 2) annealing คือ ไพรเมอร์มาจับดีเอ็นเอแม่แบบที่มีเบสคู่สมกัน ที่อุณหภูมิประมาณ 50-60 °C และ 3) extension คือ การสร้างสายดีเอ็นเอต่อจากไพรเมอร์ โดยใช้อุณหภูมิประมาณ 72 °C ดังนี้

1) ขั้น denaturation นักเรียนเปิดไพ่เพื่อค้นหาเบสคู่สมของดีเอ็นเอ เช่น เบส A เป็นเบสคู่สมของเบส T เป็นต้น โดยใช้ลำดับเบสของชิ้นส่วนดีเอ็นเอจากด่านที่ 1 มาเป็นแม่แบบ ซึ่งเริ่มตำแหน่งแรกที่ปลายด้านซ้ายของดีเอ็นเอ เมื่อหาเบสคู่สมของดีเอ็นเอแม่แบบได้แล้วนักเรียนลงไพ่บนกระดานเกมเพื่อเป็นการสลายพันธะไฮโดรเจนของดีเอ็นเอแม่แบบนั้น โดยเรียงลำดับจากเบสตัวแรกจนถึงตัวสุดท้ายของสาย ซึ่งไพ่ แต่ละใบจะมีตัวเลขกำกับ เมื่อนักเรียนนำไพ่ที่มีเบสคู่สมมาวางบนกระดานเกมจะเป็นการเพิ่มอุณหภูมิของดีเอ็นเอเท่ากับจำนวนตัวเลขที่ระบุบนไพ่นั้น โดยกำหนดอุณหภูมิเริ่มต้นคือ 60 ° C เมื่อนักเรียนลงไพ่จนเพิ่มอุณหภูมิเพิ่มสูงถึง 92 °C ให้หยุดลงไพ่ เนื่องจากเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการเกิดปฏิกิริยาในขั้น denaturation แล้ว ซึ่งปฏิกิริยาจะดำเนินต่อไปได้เองจนสิ้นสุดสายดีเอ็นเอแม่แบบ

2) ขั้น annealing นักเรียนค้นหาไพรเมอร์โดยการจั่วไพ่ ให้เจอกับเบสคู่สมกับดีเอ็นเอแม่แบบ โดยไพรเมอร์เริ่มจากปลายด้านซ้ายของดีเอ็นเอแม่แบบเช่นเดียวกัน และในขั้นนี้กำหนดให้อุณหภูมิลดลงจนมาถึง 60 °C จึงจะเกิดปฏิกิริยาในขั้นนี้ได้ โดยในขั้นนี้สิ้นสุดที่นักเรียนค้นหาเบสคู่สมของไพรเมอร์ตัวสุดท้ายพบ

3) ขั้น extension นักเรียนจั่วไพ่หรือใช้ไพ่ที่ตนมีจากการหยิบครั้งที่ผ่านมา ทำการลงไพ่เพื่อเติมเบสคู่สมในสายดีเอ็นเอแม่แบบต่อจากไพรเมอร์จนสุดสายทำให้สายดีเอ็นเอยาวขึ้นไปเรื่อย ๆ โดยอุณหภูมิของดีเอ็นเอจะเพิ่มขึ้นตามตัวเลขที่ระบุในไพ่ ซึ่งอุณหภูมิเริ่มต้นอยู่ที่ 60 °C เมื่อลงไพ่จนถึงอุณหภูมิ 72 °C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการเกิดปฏิกิริยาในขั้น extension แล้ว ปฏิกิริยาจะดำเนินต่อไปได้เองจนสิ้นสุดสายดีเอ็นเอแม่แบบ

4) เมื่อสิ้นสุดเกม นักเรียนอธิบายและสรุปวิธีการโคลนยีนโดยใช้เทคนิค PCR ทั้ง 3 ขั้นตอน

5) บันทึกคำตอบระหว่างการสืบสอบลงในใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง เกมด่านที่ 2.2 การโคลนยีนโดยใช้เทคนิค PCR

นำเสนอขั้นตอนการผลิตเซรุ่ม (20 นาที)

เมื่อสิ้นสุดการเล่นเกมทั้ง 2 ด่าน นักเรียนร่วมกันนำเสนอขั้นตอนการผลิตเซรุ่มเพื่อต่อต้านไวรัสโควิด-19 โดยมีขั้นตอน ดังนี้

1) นักเรียนแต่ละกลุ่มทำใบงานพันธุวิศวกรรมและการโคลนยีน โดยนำเสนอในประเด็นดังต่อไปนี้

1.1) ด่านที่ 1 นักเรียน พบว่ายีนของสิ่งมีชีวิตใดสามารถต้านไวรัสโควิด-19 ได้ (ลามะ) เพราะเหตุใด, เอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดใดที่สามารถตัดสายดีเอ็นเอให้มียีนที่ต้องการและชิ้นส่วนสั้นที่สุด

1.2) ด่านที่ 2.1 นักเรียนพบว่าวิธีการโคลนยีนโดยใช้พลาสมิดของแบคทีเรียเป็นอย่างไร, เอนไซม์ตัดจำเพาะที่ใช้ในด่านที่ 2 ได้แก่อะไรบ้าง, การเชื่อมสายดีเอ็นเอแล้วทำให้เกิดดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ทำได้อย่างไรและวิธีการนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตจริงได้อย่างไร

1.3) ด่านที่ 2.2 นักเรียนพบว่าวิธีการโคลนยีนโดยเทคนิค PCR เป็นอย่างไร, อุณหภูมิมีผลต่อการโคลนยีนโดยใช้เทคนิค PCR อย่างไรและวิธีการนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตจริง ได้อย่างไร

1.4) อธิบายความเหมือนและความแตกต่างของการโคลนยีนโดยใช้พลาสมิดของแบคทีเรียกับการโคลนยีนโดยใช้เทคนิค PCR

1.5) นำเสนอในรูปแบบของแผนภาพความคิดหรือวิธีการนำเสนอที่นักเรียนเลือกเอง

2) นักเรียนนำเสนอโดยสรุปในประเด็น 1) ชื่อเซรุ่มของนักเรียน 2) วิธีการได้มาของเซรุ่มว่าเลือกยีนของสิ่งมีชีวิตใดมาโคลนและโคลนยีนด้วยวิธีใด และ 3) ใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะในการตัดต่อดีเอ็นได้อย่างไร ในการสร้างเซรุ่มของกลุ่มนักเรียน

3) นักเรียนที่นั่งฟังการนำเสนอ มีหน้าที่ให้ข้อเสนอแนะและลงความเห็นเพื่อสนับสนุนหรือคัดค้านการผลิตเซรุ่มของกลุ่มที่นำเสนอ ในกรณีที่นักเรียนไม่สามารถเล่นเกมจนผลิตเซรุ่มได้ตามเวลาที่กำหนดให้นำเสนอความผิดพลาดที่เกิดขึ้นและร่วมกันอภิปรายถึงแนวทางแก้ไขหรือพัฒนาในอนาคต

5) ขั้นสรุปและอภิปราย (30 นาที)

นักเรียนร่วมกันสรุปวิธีการสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ การโคลนยีนโดยใช้พลาสมิดของแบคทีเรียและเทคนิค PCR โดยการทำแผนภาพความคิดร่วมกันบนกระดานหน้าชั้นเรียน และจดบันทึกลงในสมุดของตนเอง พร้อมตอบคำถามในใบกิจกรรมที่ 4

6. สื่อ อุปกรณ์การเรียนและแหล่งเรียนรู้เพิ่มเติม

1. สื่อ Power Point ประกอบการบรรยาย เรื่อง พันธุวิศวกรรมและการโคลนยีน
2. ใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง การสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์
3. ใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง การโคลนยีนโดยใช้พลาสมิดของแบคทีเรีย
4. ใบกิจกรรมที่ 3 เรื่อง การโคลนยีนโดยใช้เทคนิค PCR
5. ใบกิจกรรมที่ 4 เรื่อง พันธุวิศวกรรมและการโคลนยีน
6. เกม COVID-19
7. หนังสือเรียนชีววิทยา เล่ม 2 โดยกระทรวงศึกษาธิการและสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

7. แหล่งการเรียนรู้เพิ่มเติม

1. ห้องสมุดประจำโรงเรียน ใช้สำหรับสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมจากบทเรียน

8. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

วิธีวัดและเครื่องมือวัด

เป้าหมายการเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การประเมิน
1. ด้านความรู้			
1. อธิบายหลักการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมได้ 2. อธิบายหลักการสร้างดีเอ็นเอรีคอม-บิแนนท์ได้	- ตรวจใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง การสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ - ตรวจใบกิจกรรมที่ 4 เรื่อง พันธุวิศวกรรมและการโคลนยีน	- ใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง การสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ - ใบกิจกรรมที่ 4 เรื่อง พันธุวิศวกรรมและการโคลนยีน	- ระดับ 3 คือ ตอบคำถามในใบกิจกรรมได้ถูกต้องมากกว่าร้อยละ 80 - ระดับ 2 คือ ตอบคำถามในใบกิจกรรมได้ถูกต้องร้อยละ 50 ขึ้นไป - ระดับ 1 คือ ตอบคำถามในใบกิจกรรมได้ถูกต้องน้อยกว่าร้อยละ 50

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เป้าหมายการเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การประเมิน
3. อธิบายการโคลนยีนโดยใช้พลาสมิดของแบคทีเรียได้	- ตรวจใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง การโคลนยีนโดยใช้พลาสมิดของแบคทีเรีย - ตรวจใบกิจกรรมที่ 4 เรื่อง พันธุวิศวกรรมและการโคลนยีน	- ใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง การโคลนยีนโดยใช้พลาสมิดของแบคทีเรีย - ใบกิจกรรมที่ 4 เรื่อง พันธุวิศวกรรมและการโคลนยีน	- ระดับ 3 คือ ตอบคำถามในใบกิจกรรมได้ถูกต้องมากกว่าร้อยละ 80 - ระดับ 2 คือ ตอบคำถามในใบกิจกรรมได้ถูกต้องร้อยละ 50 ขึ้นไป - ระดับ 1 คือ ตอบคำถามในใบกิจกรรมได้ถูกต้องน้อยกว่าร้อยละ 50
4. อธิบายการโคลนยีนโดยใช้เทคนิค PCR ได้ 5. เปรียบเทียบการโคลนยีนโดยใช้พลาดมิดของแบคทีเรียและเทคนิค PCR ได้	- ตรวจใบกิจกรรมที่ 3 เรื่อง การโคลนยีนโดยใช้เทคนิค PCR - ตรวจใบกิจกรรมที่ 4 เรื่อง พันธุวิศวกรรมและการโคลนยีน	- ใบกิจกรรมที่ 3 เรื่อง การโคลนยีนโดยใช้เทคนิค PCR - ใบกิจกรรมที่ 4 เรื่อง พันธุวิศวกรรมและการโคลนยีน	- ระดับ 3 คือ ตอบคำถามในใบกิจกรรมได้ถูกต้องมากกว่าร้อยละ 80 - ระดับ 2 คือ ตอบคำถามในใบกิจกรรมได้ถูกต้องร้อยละ 50 ขึ้นไป - ระดับ 1 คือ ตอบคำถามในใบกิจกรรมได้ถูกต้องน้อยกว่าร้อยละ 50
2. ด้านทักษะ/กระบวนการ			
1. สืบค้นข้อมูลและเขียนหลักการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมได้ 2. สืบค้นข้อมูลและเขียนหลักการสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ได้	- ตรวจใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง การสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ - ตรวจใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง การโคลนยีนโดยใช้พลาสมิดของแบคทีเรีย	- ใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง การสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ - ใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง การโคลนยีนโดยใช้พลาสมิดของแบคทีเรีย	- ระดับ 3 คือ ตอบคำถามในใบกิจกรรมโดยอ้างอิงจากการค้นพบในเกมมากกว่า 2 ประเด็นขึ้นไป - ระดับ 2 คือ ตอบคำถามในใบกิจกรรมโดยอ้างอิงจากการค้นพบในเกมอย่างน้อย 1 ประเด็น - ระดับ 1 คือ ตอบคำถามในใบกิจกรรมโดยไม่อ้างอิงจากการค้นพบในเกม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เป้าหมายการเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การประเมิน
3. สืบค้นข้อมูลและเขียนการโคลนยีนโดยใช้พลาสมิดของแบคทีเรียได้	- ตรวจใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง การโคลนยีนโดยใช้พลาสมิดของแบคทีเรีย	- ใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง การโคลนยีนโดยใช้พลาสมิดของแบคทีเรีย	- ระดับ 3 คือ ตอบคำถามในใบกิจกรรมโดยอ้างอิงจากการค้นพบในเกมมากกว่า 2 ประเด็นขึ้นไป - ระดับ 2 คือ ตอบคำถามในใบกิจกรรมโดยอ้างอิงจากการค้นพบในเกมอย่างน้อย 1 ประเด็น - ระดับ 1 คือ ตอบคำถามในใบกิจกรรมโดยไม่อ้างอิงจากการค้นพบในเกม
4. สืบค้นข้อมูลและเขียนการโคลนยีนโดยใช้เทคนิค PCR ได้	- ตรวจใบกิจกรรมที่ 3 เรื่อง การโคลนยีนโดยใช้เทคนิค PCR	- ใบกิจกรรมที่ 3 เรื่อง การโคลนยีนโดยใช้เทคนิค PCR	- ระดับ 3 คือ ตอบคำถามในใบกิจกรรมโดยอ้างอิงจากการค้นพบในเกมมากกว่า 2 ประเด็นขึ้นไป - ระดับ 2 คือ ตอบคำถามในใบกิจกรรมโดยอ้างอิงจากการค้นพบในเกมอย่างน้อย 1 ประเด็น - ระดับ 1 คือ ตอบคำถามในใบกิจกรรมโดยไม่อ้างอิงจากการค้นพบในเกม
3. ด้านคุณลักษณะ			
1. ใฝ่เรียนรู้ 2. ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้	- สังเกตจากพฤติกรรมในชั้นเรียน	- แบบสังเกตพฤติกรรม - บันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน	- 3 นักเรียนแสดงพฤติกรรมครบทุกคุณลักษณะ - 2 นักเรียนแสดงพฤติกรรมขาดไป 1 คุณลักษณะ - 1 นักเรียนไม่แสดงคุณลักษณะทั้งหมด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

9. ข้อเสนอแนะ

....

....

....

10. บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

1. ผลการจัดกิจกรรม

1.1 ด้านความรู้

....

....

....

นักเรียนผ่านเกณฑ์การประเมิน จำนวน .... คน คิดเป็นร้อยละ ....

นักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์การประเมิน จำนวน .... คน คิดเป็นร้อยละ ....

1.2 ด้านทักษะกระบวนการ

....

....

....

นักเรียนผ่านเกณฑ์การประเมิน จำนวน .... คน คิดเป็นร้อยละ ....

นักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์การประเมิน จำนวน .... คน คิดเป็นร้อยละ ....

1.3 ด้านคุณลักษณะ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

....

....

....

นักเรียนผ่านเกณฑ์การประเมิน จำนวน .... คน คิดเป็นร้อยละ ....

นักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์การประเมิน จำนวน .... คน คิดเป็นร้อยละ ....

1.4 บันทึกเพิ่มเติม

....

....

2. ปัญหาที่พบ

2.1 นักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินด้านความรู้ เป็นเพราะ

....

....

2.2 นักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินด้านความรู้ เป็นเพราะ

....

....

2.3 นักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินด้านความรู้ เป็นเพราะ

....

....

2.4 บันทึกเพิ่มเติม

....

....

3. ข้อเสนอแนะและแนวทางแก้ไข

3.1 นักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินด้านความรู้

....

....

3.2 นักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินด้านความรู้

....

....

3.3 นักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินด้านความรู้

....

....

3.4 บันทึกเพิ่มเติม

....

....

ลงชื่อ.................................... ผู้สอน

(นายวิศรุฒม์ เอมสมบูรณ์)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ใบกิจกรรมที่ 1

เรื่อง การสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์

1. คำถามที่นักเรียนสงสัยเกี่ยวกับการสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ เพื่อนำไปสู่การสืบสอบ (1 คะแนน)

....

....

....

....

....

2. สิ่งมีชีวิตชนิดใดมียีนที่คาดว่าสามารถนำมาสร้างเซรุ่มป้องกันไวรัสโควิด-9 ได้ เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น (1 คะแนน)

....

....

3. เอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดที่ 1 ตัดที่ชิ้นส่วนหมายเลขใดบนดีเอ็นเอ เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

หมายเลข .... (1 คะแนน) เพราะ...

.... (1 คะแนน)

4. เอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดที่ 2 ตัดที่ชิ้นส่วนหมายเลขใดบนดีเอ็นเอ เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

หมายเลข .... (1 คะแนน) เพราะ...

.... (1 คะแนน)

5. เอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดที่ 3 ตัดที่ชิ้นส่วนหมายเลขใดบนดีเอ็นเอ เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

หมายเลข .... (1 คะแนน) เพราะ...

.... (1 คะแนน)

6. เอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดที่ 4 ตัดที่ชิ้นส่วนหมายเลขใดบนดีเอ็นเอ เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

หมายเลข .... (1 คะแนน) เพราะ...

.... (1 คะแนน)

7. เอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดที่ 5 ตัดที่ชิ้นส่วนหมายเลขใดบนดีเอ็นเอ เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

หมายเลข .... (1 คะแนน) เพราะ...

.... (1 คะแนน)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

8. ชิ้นส่วนใดของดีเอ็นเอที่มียีนยีนกำจัดไวรัสโควิด-19 (1 คะแนน)

....

9. นักเรียนเลือกเอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดใดบ้าง ในการนำมาตัดบริเวณจดจำแล้วได้ชิ้นส่วนของดีเอ็นเอที่สั้นที่สุด

หมายเลข .... (1 คะแนน) เพราะ..

....

....

....

....

.... (1 คะแนน)

10. เกมนี้เกี่ยวข้องกับการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมอย่างไร (1 คะแนน)

....

....

....

11. ข้อมูลใดในเกมที่นักเรียนสืบค้นและได้เรียนรู้เกี่ยวกับหลักการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม (1 คะแนน)

....

....

....

12. เมื่อจบเกมนักเรียนได้คะแนนทั้งสิ้น .... คะแนน (1 คะแนน)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เฉลยใบกิจกรรมที่ 1

เรื่อง การสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์

1. คำถามที่นักเรียนสงสัยเกี่ยวกับการสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ เพื่อนำไปสู่การสืบสอบ (1 คะแนน)

แนวคำตอบ

นักเรียนแต่ละคนอาจตั้งคำถามแตกต่างกัน โดยมีแนวของคำถามดังนี้

1) เอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดใด มีบริเวณจดจำที่สามารถตัดลำดับเบสบนดีเอ็นเอแล้วได้สายดีเอ็นเอที่มียีนเป้าหมายและขนาดของสายดีเอ็นเอสั้นที่สุด

2) การตัดสายดีเอ็นเอเพื่อให้ได้ยีนที่ต้องการจำเป็นต้องใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดเดียวกันหรือไม่

2. สิ่งมีชีวิตชนิดใดมียีนที่คาดว่าสามารถนำมาสร้างเซรุ่มป้องกันไวรัสโควิด-9 ได้ เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น (1 คะแนน)

แนวคำตอบ

ลามะ เนื่องจากมียีน **5’ CGCGCG 3’**

3’ GCGCGC 5’

ซึ่งยีนนี้มีคุณสมบัติในการสร้างสารแอนติบอดีสามารถกำจัดเชื้อไวรัสโควิด-19 ได้ เมื่อนำมาสร้างเซรุ่มก็จะมีโอกาสช่วยให้ผู้ที่ติดเชื้อหายได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3. เอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดที่ 1 ตัดที่ชิ้นส่วนหมายเลขใดบนดีเอ็นเอ เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

แนวคำตอบ

ไม่สามารถตัดชิ้นส่วนใดได้ (1 คะแนน) เพราะ ลำดับเบสของเอนไซม์ไม่เรียงตัวแบบพาลินโดรม (1 คะแนน)

4. เอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดที่ 2 ตัดที่ชิ้นส่วนหมายเลขใดบนดีเอ็นเอ เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

แนวคำตอบ

หมายเลข 1 และ 2 (1 คะแนน) เพราะ มีบริเวณจดจำที่สามารถตัดลำดับเบส TTCGAA ที่มีการ เรียงตัวแบบพาลินโดรมบนดีเอ็นเอชิ้นที่ 1 และ 2 บนกระดานเกมได้พอดี (1 คะแนน)

5. เอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดที่ 3 ตัดที่ชิ้นส่วนหมายเลขใดบนดีเอ็นเอ เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

แนวคำตอบ

หมายเลข 3 และ 5 (1 คะแนน) เพราะ มีบริเวณจดจำที่สามารถตัดลำดับเบส CCTAGG ที่มีการเรียงตัวแบบพาลินโดรมบนดีเอ็นเอชิ้นที่ 3 และ 5 บนกระดานเกมได้พอดี (1 คะแนน)

6. เอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดที่ 4 ตัดที่ชิ้นส่วนหมายเลขใดบนดีเอ็นเอ เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

แนวคำตอบ

หมายเลข 4 และ 5 (1 คะแนน) เพราะ มีบริเวณจดจำที่สามารถตัดลำดับเบส TCTAGA ที่มีการเรียงตัวแบบพาลินโดรมบนดีเอ็นเอชิ้นที่ 4 และ 5 บนกระดานเกมได้พอดี (1 คะแนน)

7. เอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดที่ 5 ตัดที่ชิ้นส่วนหมายเลขใดบนดีเอ็นเอ เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

แนวคำตอบ

หมายเลข 2 (1 คะแนน) เพราะ มีบริเวณจดจำที่สามารถตัดลำดับเบส GGCC ที่มีการเรียงตัวแบบพาลินโดรมบนดีเอ็นเอชิ้นที่ 2 บนกระดานเกมได้พอดี (1 คะแนน)

8. ชิ้นส่วนใดของดีเอ็นเอที่มียีนยีนกำจัดไวรัสโควิด-19 (1 คะแนน)

แนวคำตอบ

ชิ้นส่วนที่ 4 ซึ่งมีลำดับเบส ดังนี้ 5’ CGCGCG 3’

3’ GCGCGC 5’

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

9. นักเรียนเลือกเอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดใดบ้าง ในการนำมาตัดบริเวณจดจำแล้วได้ชิ้นส่วนของดีเอ็นเอที่สั้นที่สุด

แนวคำตอบ

หมายเลข 3 ที่มีบริเวณจดจำ CCTAGG และหมายเลข 4 ที่มีบริเวณจดจำ TCTAGA (1 คะแนน) เนื่องจากเมื่อนำเอนไซม์ตัดจำเพาะทั้งสองมาตัดบริเวณจดจำจะทำให้ได้ชิ้นส่วนดีเอ็นเอที่มียีนที่ต้องการและเป็นชิ้นส่วนที่สั้นที่สุด (1 คะแนน) ดังภาพ

ชิ้นที่ 3

5’ CCTGAGGACCTGGAGTACCTATGGCATACGGGGATCCCGCTACCG

3’ GGACTCCTGGACCTCATGGATACCGTATGCCCCTAGGGCGATGGC

ชิ้นที่ 4

5’ AGAATCGCGCGCTTAGCGGCGGTCTAGACAGGCCAGCCTTGACTA

3’ TCTTAGCGCGCGAATCGCCGCCAGATCTGTCCGGTCGGAACTGAT

เมื่อตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะดังกล่าวจะได้ชิ้นส่วนของดีเอ็นเอ ดังนี้

5’ GGATC CCGCTACCGAGAATCGCGCGCTTAGCGGCGGT CTAGACAGG...

3’ C CTAGGGCGATGGCTCTTAGCGCGCGAATCGCCGCCAGATC TGTCC...

↓

5’ CCGCTACCGAGAATCGCGCGCTTAGCGGCGGT

3’ CTAGGGCGATGGCTCTTAGCGCGCGAATCGCCGCCAGATC

10. เกมนี้เกี่ยวข้องกับการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมอย่างไร (1 คะแนน)

<u>แนวคำตอบ</u>

เกมนี้ช่วยทำให้เกิดความเข้าใจเกี่ยวกับหน้าที่และการทำงานของเอนไซม์ตัดจำเพาะ การตัดชิ้นส่วนของดีเอ็นเอที่มียีนที่ต้องการเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ทางพันธุวิศวกรรม

11. ข้อมูลใดในเกมที่นักเรียนสืบค้นและได้เรียนรู้เกี่ยวกับหลักการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม (1 คะแนน)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>แนวคำตอบ</u>

1. หน้าที่และการทำงานเอนไซม์ตัดจำเพาะ บริเวณจดจำและการตัดยีนด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ

2. วิธีการเลือกเอนไซม์ตัดจำเพาะที่เหมาะสมในการตัดต่อยีนเป้าหมาย

3. หลักการเบื้องต้นในการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม

12. เมื่อจบเกมนักเรียนได้คะแนนทั้งสิ้น (ตามคะแนนจริงที่นักเรียนได้จากการเล่นเกม) คะแนน (1 คะแนน)

เกณฑ์การให้คะแนนใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง การสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์

ข้อ	แนวทางคำตอบและคะแนน		
	1 คะแนน	0.5 คะแนน	0 คะแนน
1	นักเรียนตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การสืบสอบตั้งแต่ 2 ข้อ ขึ้นไป	นักเรียนตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การสืบสอบตั้งแต่ 1 ข้อ ขึ้นไป	นักเรียนไม่ตั้งคำถามในการสืบสอบ
2-10	นักเรียนตอบถูกต้องตามเฉลย	นักเรียนตอบถูกต้องบางส่วน	นักเรียนตอบคำถามไม่ตรงเฉลยหรือไม่ตอบ
11	นักเรียนอธิบายตรงตามเฉลยอย่างน้อย 1 ประเด็น		นักเรียนตอบคำถามไม่ตรงเฉลยหรือไม่ตอบ
12	นักเรียนมีคะแนนรวมตั้งแต่ 1 คะแนนขึ้นไป		นักเรียนมีคะแนนรวมน้อยกว่า 1 คะแนน

หมายเหตุ นักเรียนต้องได้คะแนนรวมตั้งแต่ 9 คะแนน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 50 ขึ้นไป จึงจะผ่านเกณฑ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ใบกิจกรรมที่ 2

เรื่อง การโคลนยีนด้วยพลาสมิดของแบคทีเรีย

1. คำถามที่นักเรียนสงสัยเกี่ยวกับการโคลนยีนโดยใช้พลาสมิดของแบคทีเรีย เพื่อนำไปสู่การสืบสอบ (1 คะแนน)

....

....

....

....

....

2. เอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดที่ 1 ตัดที่ชิ้นส่วนหมายเลขใดบนพลาสมิด เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

หมายเลข .... (1 คะแนน) เพราะ...

.... (1 คะแนน)

3. เอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดที่ 2 ตัดที่ชิ้นส่วนหมายเลขใดบนพลาสมิด เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

หมายเลข .... (1 คะแนน) เพราะ...

.... (1 คะแนน)

4. เอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดที่ 3 ตัดที่ชิ้นส่วนหมายเลขใดบนพลาสมิด เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

หมายเลข .... (1 คะแนน) เพราะ...

.... (1 คะแนน)

5. เอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดที่ 4 ตัดที่ชิ้นส่วนหมายเลขใดบนพลาสมิด เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

หมายเลข .... (1 คะแนน) เพราะ...

.... (1 คะแนน)

6. เอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดที่ 5 ตัดที่ชิ้นส่วนหมายเลขใดบนพลาสมิด เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

หมายเลข .... (1 คะแนน) เพราะ...

.... (1 คะแนน)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

7. นักเรียนเลือกเอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดใดบ้าง ในการนำมาตัดบริเวณจดจำบนพลาสมิดแล้วได้ชิ้นส่วนของดีเอ็นเอที่สามารถเชื่อมรวมกับดีเอ็นเอที่มียีนต้านไวรัสโควิด-19 ได้

หมายเลข .... (1 คะแนน) เพราะ...

.... (1 คะแนน)

8. ชิ้นส่วนใดของพลาสมิดที่สามารถเชื่อมกับสายดีเอ็นเอที่มียีนยีนกำจัดไวรัสโควิด-19 ได้พอดี (1 คะแนน)

....

....

....

9. สายดีเอ็นเอที่มียีนต้านเชื้อไวรัสโควิด-19 เชื่อมต่อเข้ากับดีเอ็นเอของพลาสมิดได้อย่างไร (1 คะแนน)

....

....

10. ดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ คืออะไร (1 คะแนน)

....

....

....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

11. เกมนี้เกี่ยวข้องกับการสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์อย่างไร (1 คะแนน)

CHULALONGKORN UNIVERSITY

....

....

....

12. ข้อมูลใดในเกมที่นักเรียนสืบค้นและได้เรียนรู้เกี่ยวกับหลักการสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ (1 คะแนน)

....

....

....

13. ข้อมูลใดในเกมที่นักเรียนสืบค้นและได้เรียนรู้เกี่ยวกับหลักการโคลนยีนโดยใช้พลาสมิดของดีเอ็นเอ (1 คะแนน)

....

....

....

14. เมื่อจบเกมนักเรียนได้คะแนนทั้งสิ้น .... คะแนน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เฉลยใบกิจกรรมที่ 2

เรื่อง การโคลนยีนด้วยพลาสมิดของแบคทีเรีย

1. คำถามที่นักเรียนสงสัยเกี่ยวกับการโคลนยีนโดยใช้พลาสมิดของแบคทีเรีย เพื่อนำไปสู่การสืบสอบ (1 คะแนน)

<u>แนวคำตอบ</u>

นักเรียนแต่ละคนอาจตั้งคำถามแตกต่างกัน โดยมีแนวของคำถามดังนี้

1. เอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดใดที่ใช้ในการตัดดีเอ็นเอที่บริเวณจดจำของดีเอ็นเอแม่แบบและพลาสมิดได้2. จะเชื่อมดีเอ็นเอสองสายเข้าด้วยกันเพื่อให้เกิดเป็นดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ได้อย่างไร

2. เอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดที่ 1 ตัดที่ชิ้นส่วนหมายเลขใดบนพลาสมิด เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

<u>แนวคำตอบ</u>

ไม่สามารถตัดชิ้นส่วนใดได้ (1 คะแนน) เพราะ ลำดับเบสของเอนไซม์ไม่เรียงตัวแบบพาลินโดรม (1 คะแนน)

3. เอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดที่ 2 ตัดที่ชิ้นส่วนหมายเลขใดบนพลาสมิด เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

<u>แนวคำตอบ</u>

หมายเลข 1 และ 2 (1 คะแนน) เพราะ มีบริเวณจดจำที่สามารถตัดลำดับเบส TTCGAA ที่มีการเรียงตัวแบบพาลินโดรมบนพลาสมิดชิ้นที่ 1 และ 2 บนกระดานเกมได้พอดี (1 คะแนน)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. เอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดที่ 3 ตัดที่ชิ้นส่วนหมายเลขใดบนพลาสมิด เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

<u>แนวคำตอบ</u>

หมายเลข 2, 3 และ 5 (1 คะแนน) เพราะ มีบริเวณจดจำที่สามารถตัดลำดับเบส CCTAGG ที่มีการเรียงตัวแบบพาลินโดรมบนพลาสมิดชิ้นที่ 2, 3 และ 5 บนกระดานเกมได้พอดี (1 คะแนน)

5. เอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดที่ 4 ตัดที่ชิ้นส่วนหมายเลขใดบนพลาสมิด เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น (1 คะแนน)

<u>แนวคำตอบ</u>

หมายเลข 4 และ 5 (1 คะแนน) เพราะ มีบริเวณจดจำที่สามารถตัดลำดับเบส TCTAGA ที่มีการ เรียงตัวแบบพาลินโดรมบนพลาสมิดชิ้นที่ 4 และ 5 บนกระดานเกมได้พอดี (1 คะแนน)

6. เอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดที่ 5 ตัดที่ชิ้นส่วนหมายเลขใดบนพลาสมิด เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น (1 คะแนน)

แนวคำตอบ

หมายเลข 2 (1 คะแนน) เพราะ มีบริเวณจดจำที่สามารถตัดลำดับเบส GGCC ที่มีการเรียงตัวแบบพาลินโดรมบนพลาสมิดชิ้นที่ 2 บนกระดานเกมได้พอดี (1 คะแนน)

7. นักเรียนเลือกเอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดใดบ้าง ในการนำมาตัดบริเวณจดจำบนพลาสมิดแล้วได้ชิ้นส่วนของดีเอ็นเอที่สามารถเชื่อมรวมกับดีเอ็นเอที่มียีนต้านไวรัสโควิด-19 ได้

แนวคำตอบ

หมายเลข 3 ที่มีบริเวณจดจำ CCTAGG และหมายเลข 4 ที่มีบริเวณจดจำ TCTAGA (1 คะแนน) เนื่องจากเมื่อนำเอนไซม์ตัดจำเพาะทั้งสองมาตัดบริเวณจดจำบนพลาสมิดแล้วจะทำให้ได้ปลายของดีเอ็นเอที่สามารถเชื่อมต่อกับดีเอ็นเอที่มียีนต้านไวรัสโควิด-19 จากด่านที่ 1 ได้พอดี และยังเป็นชิ้นส่วนที่เมื่อตัดแล้วจะทำให้ได้พลาสมิดสายสั้นที่สุด ดังภาพ (พลาสมิดที่เลือกไปใช้อยู่ในแถบสีชมพู) (1 คะแนน)

ชิ้นที่ 1 (จากซ้าย)

5’ AGCTTAGTCCTTGTGAAGTCGTTCGAATCGCGACTACGACAGATCAGT

3’ TCGAATCAGGAACACTTCAGCAAGCTTAGCGCTGATGCTGTCTAGTCA

ชิ้นที่ 2

5’ GAAGGATC CATAGGCCACGTCCTCTGATACGTGAGCGTTCGAAAG

3’ CTTC CTAGGTATCCGGTGCAGGAGACTATGCACTCGCAAGCTTTC

ชิ้นที่ 3

5’ CATGGGGACCAGCGTGGATCCGGACTGCGGTTCGACTCGGCGGATCC

3’ GTACCCCTGGTCGCACCTAGGCCTGACGCCAAGATGAGCCGCCTAGG

ชิ้นที่ 4

5’ CATGCTT CTAGAGGTCTACGCATTAGCACCGCCTGGGATCGCCTAGG

3’ GTACGAAGATC TCCAGATGCGTAATCGTGGCGGACCCTAGCGGATCC

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชิ้นที่ 5

5’ CTTATCTAGAGCCGGATCCCGCTAGAAGGCTGATGTGTAACTGACGTAGT

3’ GAATAGATCTCGGCCTAGGGCGATCTTCCGACTACACATTGACTGCATCA

8. ชิ้นส่วนใดของพลาสมิดที่สามารถเชื่อมกับสายดีเอ็นเอที่มียีนยีนกำจัดไวรัสโควิด-19 ได้พอดี (1 คะแนน)

แนวคำตอบ ชิ้นส่วนที่ 2 และ 4

9. สายดีเอ็นเอที่มียีนต้านเชื้อไวรัสโควิด-19 เชื่อมต่อเข้ากับดีเอ็นเอของพลาสมิดได้อย่างไร (1 คะแนน)

แนวคำตอบ

เชื่อมด้วยเอนไซม์ดีเอ็นเอไลเกสที่ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาการสร้างพันธะฟอสโฟไดเอสเทอร์บริเวณปลายเหนียวของดีเอ็นเอทั้งสองสายเข้าด้วยกัน

10. ดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ คืออะไร (1 คะแนน)

แนวคำตอบ

ดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ คือ ดีเอ็นเอสายผสมที่เกิดจากการตัดต่อดีเอ็นเของสิ่งมีชีวิตที่มีแหล่งที่มาต่างกันเข้าด้วยกัน เพื่อให้เกิดการแสดงออกของยีนตามที่ต้องการ โดยใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะ (restriction enzyme) ตัดลำดับเบสบนชิ้นส่วนของดีเอ็นเอที่ตำแหน่งจดจำ (restriction site) ของดีเอ็นเอทั้งสองแหล่ง ซึ่งมีลำดับเบสในลักษณะพาลินโดรม (palindrome) คือ เมื่ออ่านจากปลาย 5’ ไป 3’ จะได้ลำดับเบสเหมือนกันทั้งสองสาย จากนั้นเชื่อมต่อกันด้วยเอนไซม์ดีเอ็นเอไลเกส ที่ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาการสร้างพันธะฟอสโฟไดเอสเทอร์ระหว่างดีเอ็นเอสองโมเลกุลเข้าด้วยกัน ซึ่งจะได้รีคอมบิแนนท์ดีเอ็นเอลักษณะตามที่ต้องการ

11. เกมนี้เกี่ยวข้องกับการสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์อย่างไร (1 คะแนน)

แนวคำตอบ

เกมนี้ช่วยให้เกิดความเข้าใจเกี่ยวกับการตัดพลาสมิดของแบคทีเรียด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ การสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ที่เกิดจากการเชื่อมสายดีเอ็นเอระหว่างดีเอ็นเอที่มียีนเป้าหมายกับดีเอ็นเอในพลาสมิดของแบคทีเรีย และนำไปใช้ในการโคลนยีนที่ต้องการได้

12. ข้อมูลใดในเกมที่นักเรียนสืบค้นและได้เรียนรู้เกี่ยวกับหลักการสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ (1 คะแนน) แนวคำตอบ

1. การตัดพลาสมิดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ ต้องเป็นชนิดเดียวกับที่ตัดดีเอ็นเอที่มียีนเป้าหมาย

2. การตัดพลาสมิดแต่ละส่วนใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะต่างชนิดกันได้

3. การเชื่อมสายดีเอ็นเอระหว่างดีเอ็นเอที่มียีนเป้าหมายกับดีเอ็นเอในพลาสมิดของแบคทีเรียต้องใช้เอนไซม์ดีเอ็นเอไลเกสในการเร่งปฏิกิริยา

13. ข้อมูลใดในเกมที่นักเรียนสืบค้นและได้เรียนรู้เกี่ยวกับหลักการโคลนยีนโดยใช้พลาสมิดของดีเอ็นเอ (1 คะแนน)

แนวคำตอบ

การโคลนยีนโดยใช้พลาสมิดของแบคทีเรียต้องนำดีเอ็นเอที่มียีนเป้าหมายเชื่อมต่อกับพลาสมิดของแบคทีเรียและนำพลาสมิดใส่กลับเข้าไปในแบคทีเรียดังเดิม เมื่อแบคทีเรียถอดรหัสพันธุกรรมก็จะแปลผลออกมาเป็นสารเช่นเดียวที่ผลิตได้ในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตที่มียีนเป้าหมาย

14. เมื่อจบเกมนักเรียนได้คะแนนทั้งสิ้น (ตามคะแนนจริงที่นักเรียนได้จากการเล่นเกม) คะแนน

เกณฑ์การให้คะแนนใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง การโคลนยีนด้วยพลาสมิดของแบคทีเรีย

ข้อ	แนวทางคำตอบและคะแนน		
	1 คะแนน	0.5 คะแนน	0 คะแนน
1	นักเรียนตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การสืบสอบตั้งแต่ 2 ข้อ ขึ้นไป	นักเรียนตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การสืบสอบตั้งแต่ 1 ข้อ ขึ้นไป	นักเรียนไม่ตั้งคำถามในการสืบสอบ
2-11	นักเรียนตอบถูกต้องตามเฉลย	นักเรียนตอบถูกต้องบางส่วน	นักเรียนตอบคำถามไม่ตรงเฉลยหรือไม่ตอบ
12	นักเรียนอธิบายตรงตามเฉลยอย่างน้อย 1 ประเด็น		นักเรียนตอบคำถามไม่ตรงเฉลยหรือไม่ตอบ
13	นักเรียนตอบถูกต้องตามเฉลย	นักเรียนตอบถูกต้องบางส่วน	นักเรียนตอบคำถามไม่ตรงเฉลยหรือไม่ตอบ
14	นักเรียนมีคะแนนรวมไม่เป็นศูนย์		นักเรียนมีคะแนนรวมเป็นศูนย์

หมายเหตุ นักเรียนต้องได้คะแนนรวมตั้งแต่ 10 คะแนน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 50 ขึ้นไป จึงจะผ่านเกณฑ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ใบกิจกรรมที่ 3

เรื่อง การโคลนยีนโดยใช้เทคนิค PCR

1. คำถามที่นักเรียนสงสัยเกี่ยวกับการโคลนยีนโดยใช้เทคนิค PCR เพื่อนำไปสู่การสืบสอบ (1 คะแนน)

....

....

....

....

....

2. ขั้น denaturation

2.1 นักเรียนพบว่าการสลายพันธะไฮโดรเจนของเบสคู่สมเกิดจาก (1 คะแนน)

....

2.2 เมื่อสิ้นสุดขั้นนี้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร (1 คะแนน)

....

2.3 อุณหภูมิที่เหมาะสมในขั้นนี้อยู่ในช่วง .... (1 คะแนน)

3. ขั้น annealing

3.1 นักเรียนพบว่าไพรเมอร์นั้นประกอบด้วยเบสชนิดใดบ้าง (1 คะแนน)

....

3.2 เมื่อสิ้นสุดขั้นนี้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร (1 คะแนน)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

....

3.3 อุณหภูมิที่เหมาะสมในขั้นนี้อยู่ในช่วง .... (1 คะแนน)

4. ขั้น extension

4.1 นักเรียนพบว่าการสร้างดีเอ็นเอสายใหม่เกิดจาก (1 คะแนน)

....

4.2 เมื่อสิ้นสุดขั้นนี้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร (1 คะแนน)

....

4.3 อุณหภูมิที่เหมาะสมในขั้นนี้อยู่ในช่วง .... (1 คะแนน)

5. อุณหภูมิมีความสัมพันธ์กับการโคลนยีนโดยใช้เทคนิค PCR อย่างไร (1 คะแนน)

....

6. เกมนี้เกี่ยวข้องกับการโคลนยีนโดยใช้เทคนิค PCR อย่างไร (1 คะแนน)

....

....

....

7. ข้อมูลใดในเกมที่นักเรียนสืบค้นและได้เรียนรู้เกี่ยวกับหลักการโคลนยีนโดยใช้เทคนิค PCR (1 คะแนน)

....

....

....

8. เมื่อจบเกมนักเรียนได้คะแนนทั้งสิ้น .... คะแนน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เฉลยใบกิจกรรมที่ 3

เรื่อง การโคลนยีนโดยใช้เทคนิค PCR

1. คำถามที่นักเรียนสงสัยเกี่ยวกับการโคลนยีนโดยใช้เทคนิค PCR เพื่อนำไปสู่การสืบสอบ (1 คะแนน)

<u>แนวคำตอบ</u>

1. การโคลนด้วยเทคนิค PCR มีหลักการอย่างไร และได้ผลต่างจากการโคลนโดยใช้พลาสมิดของแบคทีเรียอย่างไร

2. การโคลนยีนโดยไม่ใช้เซลล์ของสิ่งมีชีวิตมีวิธีการอย่างไร

2. ขั้น denaturation

2.1 นักเรียนพบว่าการสลายพันธะไฮโดรเจนของเบสคู่สมเกิดจาก (1 คะแนน)

<u>แนวคำตอบ</u>

อุณหภูมิของดีเอ็นเอแม่แบบที่เพิ่มขึ้น จากตัวอย่างในเกมพบว่า อุณหภูมิของดีเอ็นเอที่เพิ่มขึ้นจาก 60 °C เป็น 92 °C มีผลทำให้พันธะไฮโดรเจนระหว่างคู่เบสสลายไป

2.2 เมื่อสิ้นสุดขั้นนี้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร (1 คะแนน)

<u>แนวคำตอบ</u>

ดีเอ็นเอแม่แบบแยกออกเป็น 2 สาย

2.3 อุณหภูมิที่เหมาะสมในขั้นนี้อยู่ในช่วง (1 คะแนน) ประมาณ 92-95 °C

3. ขั้น annealing

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.1 นักเรียนพบว่าไพรเมอร์นั้นประกอบด้วยเบสชนิดใดบ้าง (1 คะแนน)

<u>แนวคำตอบ</u>

5’ GGTTCC 3’ และ 3’ CCAAGG 5’

3.2 เมื่อสิ้นสุดขั้นนี้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร (1 คะแนน)

<u>แนวคำตอบ</u>

เกิดการเติมเบสคู่สมที่ไพรเมอร์จนครบทุกตัว ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นในการจำลองดีเอ็นเอ

3.3 อุณหภูมิที่เหมาะสมในขั้นนี้อยู่ในช่วง (1 คะแนน) ประมาณ 50-60 °C

4. ขั้น extension

4.1 นักเรียนพบว่าการสร้างดีเอ็นเอสายใหม่เกิดจาก (1 คะแนน)

แนวคำตอบ

การเติมเบสคู่สมต่อจากบริเวณไพรเมอร์ และสร้างดีเอ็นเอสายใหม่จนสุดสายของดีเอ็นเอแม่แบบ

4.2 เมื่อสิ้นสุดขั้นนี้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร (1 คะแนน)

แนวคำตอบ

เกิดดีเอ็นเอสายใหม่เพิ่มขึ้นอีก 2 สาย เมื่อนำไปรวมกับดีเอ็นเอแม่แบบจะได้ดีเอ็นเอทั้งหมด 4 สาย ที่มีลักษณะเหมือนดีเอ็นเอแม่แบบทุกประการ

4.3 อุณหภูมิที่เหมาะสมในขั้นนี้อยู่ในช่วง (1 คะแนน) ประมาณ 72 °C

5. อุณหภูมิมีความสัมพันธ์กับการโคลนยีนโดยใช้เทคนิค PCR อย่างไร (1 คะแนน)

แนวคำตอบ

อุณหภูมิที่เหมาะสมมีผลทำให้เกิดการจำลองตัวเองของดีเอ็นเอที่เกิดขึ้นภายนอกเซลล์ด้วยเทคนิค PCR ดังนี้ อุณหภูมิประมาณ 92-95 °C ส่งผลให้พันธะไฮโดรเจนระหว่างเบสคู่สมในดีเอ็นเอแม่แบบสลาย อุณหภูมิประมาณ 50-60 °C ส่งผลให้ไพรเมอร์มาจับดีเอ็นเอแม่แบบที่มีเบสคู่สมกัน และอุณหภูมิประมาณ 72 °C ส่งผลให้เกิดการสร้างสายดีเอ็นเอต่อจากไพรเมอร์จนสุดสายของดีเอ็นเอ

6. เกมนี้เกี่ยวข้องกับการโคลนยีนโดยใช้เทคนิค PCR อย่างไร (1 คะแนน)

แนวคำตอบ

เกมนี้ช่วยทำให้เกิดความเข้าใจเกี่ยวกับการจำลองตัวเองของดีเอ็นเอที่เกิดขึ้นภายนอกเซลล์โดยใช้อุณหภูมิเป็นตัวกระตุ้น รวมถึงขั้นตอนของเทคนิค PCR ที่ใช้ในการเพิ่มปริมาณยีนที่ต้องการผ่านการโคลนยีน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

7. ข้อมูลใดในเกมที่นักเรียนสืบค้นและได้เรียนรู้เกี่ยวกับหลักการโคลนยีนโดยใช้เทคนิค PCR (1 คะแนน)

<u>แนวคำตอบ</u>

1. การสลายพันธะไฮโดรเจนของเบสคู่สมต้องใช้อุณหภูมิเป็นตัวกระตุ้น โดยใช้อุณหภูมิประมาณ 92-95 °C

2. การสร้างดีเอ็นเอสายใหม่ภายนอกเซลล์จำเป็นต้องใช้ไพรเมอร์เช่นเดียวกันกับการจำลองตัวเองของดีเอ็นเอภายในเซลล์

3. ไพรเมอร์คือจุดเริ่มต้นของการจำลองตัวเองของดีเอ็นเอ และการสร้างไพรเมอร์ต้องใช้อุณหภูมิประมาณ ประมาณ 50-60 °C

4. การเติมเบสคู่สมบนดีเอ็นเอแม่แบบ ต้องใช้อุณหภูมิประมาณ ประมาณ 72 ° C

5. เมื่อสิ้นสุดเทคนิค PCR จะได้ดีเอ็นเอที่มีลักษณะเหมือนดีเอ็นเอแม่แบบทุกประการ

8. เมื่อจบเกมนักเรียนได้คะแนนทั้งสิ้น (ตามคะแนนจริงที่นักเรียนได้จากการเล่นเกม) คะแนน

เกณฑ์การให้คะแนนใบกิจกรรมที่ 3 เรื่อง การโคลนยีนโดยใช้เทคนิค PCR

ข้อ	แนวทางคำตอบและคะแนน		
	1 คะแนน	0.5 คะแนน	0 คะแนน
1	นักเรียนตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การสืบสอบตั้งแต่ 2 ข้อ ขึ้นไป	นักเรียนตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การสืบสอบตั้งแต่ 1 ข้อ ขึ้นไป	นักเรียนไม่ตั้งคำถามในการสืบสอบ
2-6	นักเรียนตอบถูกต้องตามเฉลย	นักเรียนตอบถูกต้องบางส่วน	นักเรียนตอบคำถามไม่ตรงเฉลยหรือไม่ตอบ
7	นักเรียนอธิบายตรงตามเฉลยอย่างน้อย 1 ประเด็น		นักเรียนตอบคำถามไม่ตรงเฉลยหรือไม่ตอบ
8	นักเรียนมีคะแนนรวมไม่เป็นศูนย์		นักเรียนมีคะแนนรวมเป็นศูนย์

<u>หมายเหตุ</u> นักเรียนต้องได้คะแนนรวมตั้งแต่ 6.5 คะแนน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 50 ขึ้นไป จึงจะผ่านเกณฑ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ใบกิจกรรมที่ 4

เรื่อง พันธุวิศวกรรมและการโคลนยีน

1. จงอธิบายหลักการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม พร้อมยกตัวอย่าง (1 คะแนน)

....

....

....

....

....

2. จงอธิบายหลักการสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ พร้อมยกตัวอย่าง (1 คะแนน)

....

....

....

....

....

3. จงอธิบายการโคลนยีนโดยใช้พลาสมิดของแบคทีเรีย พร้อมยกตัวอย่าง (1 คะแนน)

....

....

....

....

....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4. จงอธิบายการโคลนยีนโดยใช้เทคนิค PCR พร้อมยกตัวอย่าง (1 คะแนน)

....

....

....

....

....

5. การโคลนยีนโดยใช้พลาสมิดของแบคทีเรียและเทคนิค PCR มีความเหมือนและแตกต่างกันอย่างไร (1 คะแนน)

....

....

....

....

....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เฉลยใบกิจกรรมที่ 4

เรื่อง พันธุวิศวกรรมและการโคลนยีน

1. จงอธิบายหลักการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม พร้อมยกตัวอย่าง (1 คะแนน)

<u>แนวคำตอบ</u>

สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม สร้างขึ้นโดยการตัดต่อยีนเป้าหมายจากสิ่งมีชีวิตหนึ่งเข้าไปยังอีกสิ่งมีชีวิตหนึ่ง เพื่อทำให้สิ่งมีชีวิตที่ได้รับยีนเป้าหมายแสดงออกมาได้ลักษณะตามที่ต้องการ โดยวิธีการที่นิยม ในการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม คือ การนำยีนเป้าหมายตัดต่อใส่ในดีเอ็นเอพาหะ (vector) เช่น พลาสมิด (plasmid) และเพิ่มจำนวนพลาสมิดให้ได้ตามที่ต้องการแล้วนำพลาสมิดที่มียีนนั้นใส่เข้าไปในสิ่งมีชีวิตเป้าหมาย ตัวอย่างเช่น ข้าวทนเค็ม สร้างจากการนำยีนทนเค็มของแบคทีเรียตัดต่อเข้าไปในโครโมโซมของข้าว ทำให้สามารถเติบโตได้ในดินที่มีความเค็มสูง เป็นต้น

2. จงอธิบายหลักการสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ พร้อมยกตัวอย่าง (1 คะแนน)

<u>แนวคำตอบ</u>

การสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ คือ การสร้างดีเอ็นเอสายผสมที่เกิดจากการตัดต่อดีเอ็นเของสิ่งมีชีวิตที่มีแหล่งที่มาต่างกันเข้าด้วยกัน เพื่อให้เกิดการแสดงออกของยีนตามที่ต้องการ โดยใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะ (restriction enzyme) ตัดลำดับเบสบนชิ้นส่วนของดีเอ็นเอที่ตำแหน่งจดจำ (restriction site) ของดีเอ็นเอทั้งสองแหล่ง ซึ่งมีลำดับเบสในลักษณะพาลินโดรม (palindrome) คือ เมื่ออ่านจากปลาย 5’ ไป 3’ จะได้ลำดับเบสเหมือนกันทั้งสองสาย จากนั้นเชื่อมต่อกันด้วยเอนไซม์ดีเอ็นเอไลเกส ที่ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาการสร้างพันธะฟอสโฟไดเอสเทอร์ระหว่างดีเอ็นเอสองโมเลกุลเข้าด้วยกัน ซึ่งจะได้รีคอมบิแนนท์ดีเอ็นเอลักษณะตามที่ต้องการ ตัวอย่างเช่น การสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ระหว่างยีนสร้างอินซูลินของมนุษย์กับพลาสมิดของแบคทีเรีย เพื่อให้แบคทีเรียสร้างฮอร์โมนอินซูลินและนำไปใช้ประโยชน์กับมนุษย์ เป็นต้น

3. จงอธิบายการโคลนยีนโดยใช้พลาสมิดของแบคทีเรีย พร้อมยกตัวอย่าง (1 คะแนน)

<u>แนวคำตอบ</u>

การโคลนยีนโดยใช้พลาสมิดของแบคทีเรีย คือ การเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอโดยใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะ ตัดสายดีเอ็นเอบริเวณที่มียีนที่ต้องการ แล้วนำไปเชื่อมต่อกับเวกเตอร์ เช่น พลาสมิดของแบคทีเรีย โดยตัดพลาสมิดที่มีจุดตัดจำเพาะเดียวกัน เมื่อเชื่อมสายดีเอ็นเอทั้งสองสายด้วยเอนไซม์ดีเอ็นเอไลเกสแล้ว นำกลับเข้าไปในเซลล์แบคทีเรียเพื่อเพิ่มจำนวน นิยมใช้เมื่อต้องการโคลนยีนจำนวนมาก ตัวอย่างเช่น การโคลนยีนสร้างเอนไซม์เรนนินที่ใช้ย่อยน้ำนมในลูกวัวเพื่อนำไปใช้ในการ

ย่อยสลายโปรตีนในน้ำนมและผลิตชีสในเชิงอุตสาหกรรม โดยตัดยีนสร้างเอนไซม์เรนนินและต่อเข้ากับพลาสมิดของแบคทีเรีย เมื่อแบคทีเรียแบ่งเซลล์จะทำให้ได้ยีนสร้างเอนไซม์เรนนินจำนวนมากและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เป็นต้น

4. จงอธิบายการโคลนยีนโดยใช้เทคนิค PCR พร้อมยกตัวอย่าง (1 คะแนน)

แนวคำตอบ

การโคลนยีนโดยใช้เทคนิค PCR คือ การเพิ่มปริมาณยีนในหลอดทดลองจากดีเอ็นเอแม่แบบ โดยใช้ความร้อนสูงในการสลายพันธะไฮโดรเจนระหว่างเบสคู่สมและเอนไซม์ดีเอ็นเอเพอริเมอเรสในการเชื่อมนิวคลีโอไทด์ที่ปลาย 3’ ของไพรเมอร์ และจำลองดีเอ็นเอซ้ำหลาย ๆ รอบ เพื่อให้ได้ดีเอ็นเอจำนวนมาก ตัวอย่างเช่น การโคลนยีนที่พบจากหลักฐานในที่เกิดเหตุในคดีฆาตกรรม เพื่อใช้ในการจำเจลอิเล็กโทรโฟรีซิสและหาลายพิมพ์ดีเอ็นเอเพื่อเปรียบเทียบกับลายพิมพ์ดีเอ็นเอของผู้ต้องสงสัย เป็นต้น

5. การโคลนยีนโดยใช้พลาดมิดของแบคทีเรียและเทคนิค PCR มีความเหมือนและแตกต่างกันอย่างไร (1 คะแนน)

แนวคำตอบ

สิ่งที่เหมือนกันระหว่างการโคลนยีนโดยใช้พลาดมิดของแบคทีเรียและเทคนิค PCR คือ

1. เป็นการเพิ่มยีนเป้าหมายให้มีจำนวนมากขึ้น

2. ยีนเป้าหมายหลังการโคลน มีองค์ประกอบและคุณสมบัติเช่นเดิม

สิ่งที่แตกต่างกันระหว่างการโคลนยีนโดยใช้พลาดมิดของแบคทีเรียและเทคนิค PCR คือ

1. การโคลนยีนโดยใช้พลาดมิดของแบคทีเรียต้องทำในสิ่งมีชีวิต ส่วนการโคลนยีนโดยใช้เทคนิค PCR ทำในหลอดทดลอง

2. การโคลนยีนโดยใช้พลาดมิดของแบคทีเรียใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะในการตัดพันธะระหว่างคู่เบสและเชื่อมต่อกันด้วยเอนไซม์ดีเอ็นเอไลเกส ส่วนการโคลนยีนโดยใช้เทคนิค PCR ใช้อุณหภูมิสูงในการสลายพันธะไฮโดรเจน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เกณฑ์การให้คะแนนใบกิจกรรมที่ 4 เรื่อง พันธุวิศวกรรมและการโคลนยีน

ข้อ	แนวทางคำตอบและคะแนน		
	1 คะแนน	**0.5 คะแนน**	**0 คะแนน**
1	นักเรียนตอบถูกต้องตามเฉลย	นักเรียนตอบถูกต้องบางส่วน	นักเรียนตอบคำถามไม่ตรงเฉลยหรือไม่ตอบ
2	นักเรียนตอบถูกต้องตามเฉลย พร้อมยกตัวอย่างการสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ อย่างน้อย 1 ตัวอย่าง	นักเรียนตอบถูกต้องตามเฉลย แต่ไม่ยกตัวอย่างการสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์	นักเรียนตอบคำถามไม่ตรงเฉลยหรือไม่ตอบ
3	นักเรียนตอบถูกต้องตามเฉลย พร้อมยกตัวอย่างการโคลนโดยใช้พลาสมิดของแบคทีเรีย อย่างน้อย 1 ตัวอย่าง	นักเรียนตอบถูกต้องตามเฉลย แต่ไม่ยกตัวอย่างการโคลนโดยใช้พลาสมิดของแบคทีเรีย	นักเรียนตอบคำถามไม่ตรงเฉลยหรือไม่ตอบ
4	นักเรียนตอบถูกต้องตามเฉลย พร้อมยกตัวอย่างการโคลนยีนโดยใช้เทคนิค PCR อย่างน้อย 1 ตัวอย่าง	นักเรียนตอบถูกต้องตามเฉลย แต่ไม่ยกตัวอย่างการโคลนยีนโดยใช้เทคนิค PCR	นักเรียนตอบคำถามไม่ตรงเฉลยหรือไม่ตอบ
5	นักเรียนอธิบายตรงตามเฉลย อย่างน้อย 1 ประเด็น		นักเรียนตอบคำถามไม่ตรงเฉลยหรือไม่ตอบ

หมายเหตุ นักเรียนต้องได้คะแนนรวมตั้งแต่ 2.5 คะแนน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 50 ขึ้นไป จึงจะผ่านเกณฑ์

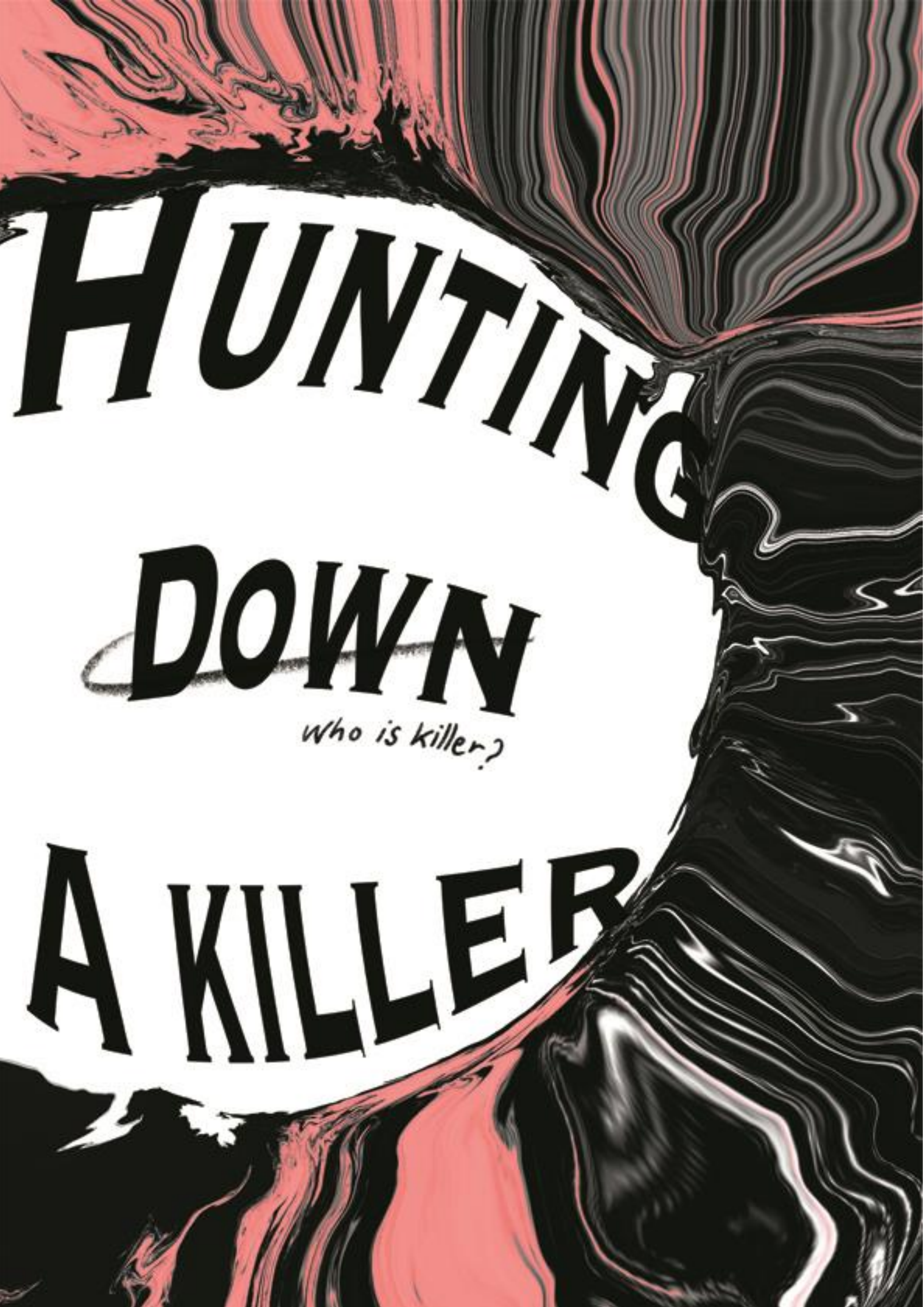
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตัวอย่างเกมการศึกษาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

เกมที่ 2 Hunting down a killer

กระดานเกมด้านหน้า (ขนาดจริง 20.75 x 31 นิ้ว)

กระดานเกมด้านใน



HUNTING
DOWN
who is killer?
A KILLER

เรื่องราวของเกม

Hunting down a killer

" ตำรวจได้รับแจ้งเหตุว่ามีการเสียชีวิตปริศนาของพี่เลี้ยงเด็กคนหนึ่ง ในหมู่บ้านแสงตะวัน อ.เมือง จ.อ่างทอง โดยพี่เลี้ยงเด็กคนนี้มีชื่อว่านางสมใจ ยำสามกรอบ อายุ 59 ปี หรือที่ชาวบ้านละแวกนั้นมักเรียกว่า "ป้าสมใจ" จากการตรวจสอบของตำรวจพบว่าสภาพร่างกายมีรอยฟกช้ำที่ท้ายทอย ที่ปากมีกลิ่นแอลกอฮอล์ ในที่เกิดเหตุมีร่องรอยการต่อสู้โดยที่เล็บของป้าสมใจมีเศษผิวหนังและคราบเลือดของคนร้ายติดอยู่ ซึ่งตำรวจกำลังรวบรวมหลักฐานส่งตรวจพิสูจน์ทางวิทยาศาสตร์ให้แน่ชัด โดยชาวบ้านเชื่อกันว่าเป็นฝีมือของ "น้องน้ำฟ้า" เด็กหญิง อายุ 11 ขวบ ที่มักชอบเอาแต่ใจ โดยน้องน้ำฟ้ามีอาการผิดปกติจากเด็กทั่วไป คือ มีการบิดข้อมือคล้ายกำลังล้างมือ เคลื่อนไหวช้าและเกร็งกล้ามเนื้อ แต่ก็มีชาวบ้านอีกกลุ่มที่ออกมาปกป้องเนื่องจากอาการป่วยของน้องน้ำฟ้าไม่น่าจะไปทำร้ายป้าสมใจได้ ซึ่งปัจจุบันก็ยังไม่สามารถระบุผู้ก่อเหตุที่แน่ชัดได้"

ให้นักเรียนรับบทบาทสมมติเป็นนักนิติวิทยาศาสตร์ที่มีหน้าที่ในการตรวจหลักฐานทางพันธุกรรมโดยใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอเพื่อช่วยตำรวจในการคลี่คลายคดี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิธีการเล่นเกมที่ 2

Hunting down a killer

เกม Hunting down a killer เป็นเกมที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับการไขคดีปริศนาจากหลักฐานที่พบในที่เกิดเหตุและพยานบุคคลและ ซึ่งเกมนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้นักเรียนใช้เทคนิคเจลอิเล็กโทรฟอรีซิสและการหาลำดับของนิวคลีโอไทด์ในการไขคดี เกมนี้ใช้ผู้เล่น 4 คน เวลาในการเล่น 40 นาที มีวิธีการเล่น ดังนี้

1) ให้นักเรียนรับบทบาทสมมติเป็นนักนิติวิทยาศาสตร์ ที่ทำงานร่วมกับตำรวจในการสืบคดีโดยนำหลักฐานที่พบในที่เกิดเหตุมาสืบหาผู้ก่อเหตุ

2) ก่อนเริ่มเกมนักเรียนแต่ละคนจะได้รับข้อมูลของผู้ป่วยกลุ่มอาการเรตต์ วิธีการเจลอิเล็กโทรฟอรีซิสและการหาลำดับของนิวคลีโอไทด์ ซึ่งใช้ในการระบุตัวผู้ก่อเหตุได้ถูกต้องตามหลักนิติวิทยาศาสตร์

3) เริ่มเกมโดยให้นักเรียนนำไพ่ที่ได้รับมาเรียงแหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในวันเกิดเหตุ

4) นักเรียนคาดคะเนคำตอบ จากเหตุการณ์ว่าใครมีแนวโน้มที่จะเป็นผู้ก่อเหตุมากที่สุด ซึ่งนักเรียนต้องร่วมกันวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสืบสอบและตัดสินใจว่าจะเลือกใช้เทคนิคเจลอิเล็กโทรฟอรีซิสเพื่อหาลายพิมพ์ดีเอ็นเอของใคร ในการยืนยันให้แน่ชัดว่าเป็นผู้ก่อเหตุตัวจริง โดยเลือกใช้เทคนิคนี้ได้เพียง 2 ครั้งเท่านั้น ถ้าใช้มากกว่าจะโดนหักคะแนนครั้งละ 1 คะแนน ก่อนใช้เทคนิคนี้ นักเรียนต้องร่วมกันอธิบายว่าเทคนิคเจลอิเล็กโทรฟอรีซิสมีขั้นตอนอย่างไร จึงจะสามารถเปิดลายพิมพ์ดีเอ็นเอของผู้ต้องสงสัยได้

5) นักเรียนร่วมกันสรุปว่าใครคือผู้ก่อเหตุตัวจริง ก่อเหตุด้วยวิธีการใด และใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอพิสูจน์และแก้ไขปัญหาในสถานการณ์ของเกมอย่างไร ซึ่งเกมนี้นักเรียนจะได้รับคะแนนเป็นกลุ่ม โดยนำเวลาที่ไขคดีเทียบกับเกณฑ์เพื่อรับคะแนน

เกณฑ์การได้รับคะแนน เป็นดังนี้

5 คะแนน คือ นักเรียนร่วมกันระบุผู้ก่อเหตุ วิธีการก่อเหตุ และระบุหลักฐานที่ได้จากการตรวจสอบทางนิติวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้อง ภายในเวลา 30 นาที

4 คะแนน คือ นักเรียนร่วมกันระบุผู้ก่อเหตุ วิธีการก่อเหตุ และระบุหลักฐานที่ได้จากการตรวจสอบทางนิติวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้อง ภายในเวลา 35 นาที

3 คะแนน คือ นักเรียนร่วมกันระบุผู้ก่อเหตุ วิธีการก่อเหตุ และระบุหลักฐานที่ได้จากการตรวจสอบทางนิติวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้อง ภายในเวลา 36-39 นาที

2 คะแนน คือ นักเรียนร่วมกันระบุผู้ก่อเหตุ วิธีการก่อเหตุ และระบุหลักฐานที่ได้จากการตรวจสอบทางนิติวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้อง โดยใช้เวลา 40 นาที

1 คะแนน คือ นักเรียนร่วมกันระบุผู้ก่อเหตุ วิธีการก่อเหตุ และระบุหลักฐานที่ได้จากการตรวจสอบทางนิติวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องบางส่วน

0 คะแนน คือ นักเรียนร่วมกันระบุผู้ก่อเหตุ วิธีการก่อเหตุ และระบุหลักฐานที่ได้จากการตรวจสอบทางนิติวิทยาศาสตร์ไม่ถูกต้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวอย่างเอกสารประกอบการเล่นเกม

เร็ทท์ ซินโดรม (Rett's Syndrome)

เร็ทท์ ซินโดรม จัดอยู่ในกลุ่มการวินิจฉัย พีดีดี ความบกพร่องของพัฒนาการแบบรอบด้าน ผู้ป่วยเกือบทั้งหมดเป็นเพศหญิง พบประมาณ 1 คน ในเด็กแรกเกิด 10,000-15,000 คน ในช่วงก่อนคลอด มักตรวจไม่พบความผิดปกติ ช่วงแรกคลอดใหม่ ๆ มีขนาดเส้นรอบศีรษะปกติ พัฒนาการด้านกล้ามเนื้อและการเคลื่อนไหวปกติ แต่หลังจากอายุ 5 เดือน จะเริ่มมีความผิดปกติแสดงให้เห็นการเจริญเติบโตของศีรษะช้าลงกว่าปกติ **สูญเสียทักษะการใช้มือ ไม่สามารถควบคุมการเคลื่อนไหวของมือ ตามความต้องการได้ แล้วตามด้วยการเคลื่อนไหวอย่างผิดปกติของมือซ้ำ ๆ อยู่บริเวณกึ่งกลางลำตัว** เช่น ทำมือหมุนบิดไปมา หรือทำท่าคล้ายกำลังล้างมือ การประสานงานของกล้ามเนื้อในการเดินหรือขยับลำตัว ไม่ดีอย่างชัดเจน เคลื่อนไหวเชื่องช้า เดินเซ และอาจเดินไม่ได้ในที่สุด มีความบกพร่องในพัฒนาการด้านภาษา ทั้งด้านการรับรู้ภาษาและการสื่อภาษา ส่วนพัฒนาการด้านสังคมนั้น การมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมและการเล่นจะหยุดชะงัก ในช่วงแรก แต่สามารถพัฒนาได้ในภายหลัง ยังสนใจสังคมรอบตัว พบว่ามีความบกพร่องทางสติปัญญาระดับรุนแรง ด้านการเจริญเติบโตทางร่างกายค่อนข้างช้า เร็ทท์ ซินโดรม ถือว่าเป็นโรคที่มีความเกี่ยวข้องกับพันธุกรรมมากที่สุดในกลุ่มพีดีดี เนื่องจากสามารถระบุตำแหน่งยีนที่เกี่ยวข้องได้ชัดเจน คือ MeC-P2 ซึ่งอยู่บนโครโมโซม X ตำแหน่ง Xq28 โดยพบว่าผู้หญิงที่ครบเกณฑ์การวินิจฉัยโรคนี้ มากกว่าร้อยละ 50 มีการกลายพันธุ์ของยีน MeC-P2 ทำให้เกิดความผิดปกติในการทำงานของสมอง และมีอาการรุนแรงมากขึ้นเรื่อย ๆ

อ้างอิง

ทวีศักดิ์ สิริรัตน์เรขา. (2563). Rett's Syndrome. https://th.rajanukul.go.th/preview-5042.html.

ตัวอย่างไพ่เบาะแสที่ใช้ในการสืบคดี

ป้าสมใจว่ากล่าวและทำร้ายร่างกายน้องน้ำฟ้า ที่ทำของแตกเสียหาย ทำให้น้องน้ำฟ้าโกรธแค้น และพยายามต่อสู้

เวลา 12.30 น. น้องน้ำฟ้าอยู่ในห้องกับป้าสมใจ ในระหว่างที่ป้าต้อยทำความสะอาดห้องครัว

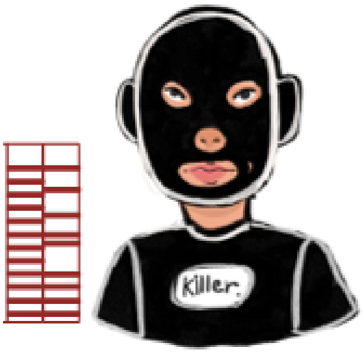
เวลา 14.00 น. สายชลเห็นป้าต้อยทำความสะอาด กระเป๋าตีกอล์ฟของคุณสหรัฐ พ่อของน้องน้ำฟ้า

สายสร้อยเป็นภรรยาของสายชลเห็นป้าผิน เดินผ่านหน้าบ้านของตนก่อนได้ยินเสียงกรีดร้อง ดังมาจากบ้านของน้องน้ำฟ้าที่อยู่ติดกัน

ตัวอย่างบัตรลายพิมพ์ดีเอ็นเอของบุคคลในเกม

ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ

ที่พบในที่เกิดเหตุ

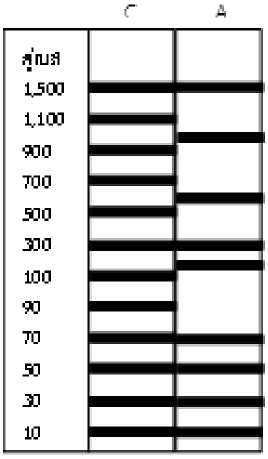


* ก่อนเปิด ร่วมกันบอกขั้นตอนของเจลอิเล็กโทรโฟรีซิสก่อนนะ

กำหนดให้

A คือ ดีเอ็นเอที่พบในที่เกิดเหตุ

C คือ ดีเอ็นเอมาตรฐาน



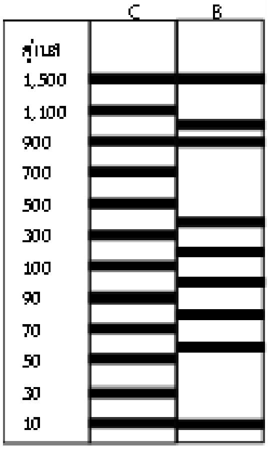
ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ

ของ ป้าต้อย

กำหนดให้

B คือ ดีเอ็นเอของผู้ต้องสงสัย

C คือ ดีเอ็นเอมาตรฐาน



ภาคผนวก ง

ใบรับรองโครงการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 2
สังคมศาสตร์ มนุษยศาสตร์ และศิลปกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อาคารจามจุรี 1 ชั้น 1 ห้อง 114 ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330
โทรศัพท์ : 0 2218 3210-11 E-mail: curec2.ch1@chula.ac.th

COA No. 097/2564

ใบรับรองโครงการวิจัย

โครงการวิจัยที่ 028/64 ผลการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบโดยใช้เกมเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

ผู้วิจัยหลัก นายวิศรุฒม์ เอมสมบูรณ์

หน่วยงาน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 2 สังคมศาสตร์ มนุษยศาสตร์ และศิลปกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พิจารณาจริยธรรมการวิจัยโดยยึดหลัก ของ Declaration of Helsinki, the Belmont report, CIOMS guidelines และ The international conference on harmonization – Good clinical practice (ICH-GCP) อนุมัติให้ดำเนินการศึกษาวิจัยเรื่องดังกล่าวได้

ลงนาม..
(ศาสตราจารย์กิตติคุณ ดร.ธีระพันธ์ เหลืองทองคำ)
ประธานคณะกรรมการ

ลงนาม..
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หนึ่งหทัย แรงผลสัมฤทธิ์)
กรรมการและเลขานุการ

รูปแบบการพิจารณาทบทวน: แบบเต็มขั้นตอน

วันที่รับรอง: 6 พฤษภาคม 2564

วันหมดอายุ: 5 พฤษภาคม 2565

เอกสารที่คณะกรรมการรับรอง

1. ข้อเสนอโครงการวิจัย
2. ประวัติและผลงานของผู้วิจัย
3. เอกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มตัวอย่าง/ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย
4. หนังสือยินยอมเข้าร่วมในการวิจัย
5. แบบวัดความสามารถ แบบบันทึก เกมการศึกษา และแผนการจัดการเรียนรู้

เลขที่โครงการ 028/64
วันที่รับรอง - 6 พ.ค. 2564
วันหมดอายุ - 5 พ.ค. 2565

เงื่อนไข

1. *ผู้วิจัยรับทราบว่าเป็นการผิดจริยธรรม หากดำเนินการเก็บข้อมูลการวิจัยก่อนได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยฯ*
2. *หากใบรับรองโครงการวิจัยหมดอายุ การดำเนินการวิจัยต้องยุติ เมื่อต้องการต่ออายุต้องขออนุมัติใหม่ล่วงหน้าไม่ต่ำกว่า 1 เดือน พร้อมส่งรายงานความก้าวหน้าการวิจัย*
3. *ต้องดำเนินการวิจัยตามที่ระบุไว้ในโครงการวิจัยอย่างเคร่งครัด*
4. *ใช้เอกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มตัวอย่าง/ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ใบยินยอมของกลุ่มตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย และเอกสารเชิญเข้าร่วมวิจัย (ถ้ามี)* ***เฉพาะที่ประทับตราคณะกรรมการเท่านั้น***
5. *หากเกิดเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ร้ายแรงในสถานที่เก็บข้อมูลที่ขออนุมัติจากคณะกรรมการ ต้องรายงานคณะกรรมการภายใน 5 วันทำการ*
6. *หากมีการเปลี่ยนแปลงการดำเนินการวิจัย ให้ส่งคณะกรรมการพิจารณารับรองก่อนดำเนินการ*
7. *โครงการวิจัยไม่เกิน 1 ปี ส่งแบบรายงานสิ้นสุดโครงการวิจัย (AF 03-13) และบทคัดย่อผลการวิจัยภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น สำหรับโครงการวิจัยที่เป็นวิทยานิพนธ์ให้ส่งบทคัดย่อผลการวิจัย ภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น ทั้งนี้เพื่อเป็นหลักฐานในการปิดโครงการ*
8. *โครงการวิจัยที่ได้รับการอนุมัติโครงการโดยการพิจารณาทบทวนแบบกรณียกเว้น (Exemption review) ปฏิบัติตามเงื่อนไข ข้อ 1,6 และ 7 เท่านั้น*

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายวิศรุฒม์ เอมสมบูรณ์
วัน เดือน ปี เกิด	25 พฤศจิกายน 2533
สถานที่เกิด	จังหวัดพระนครศรีอยุธยา
วุฒิการศึกษา	ศึกษาศาสตรบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ วิชาเอกชีววิทยา (เกียรตินิยมอันดับ 2) คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน
ที่อยู่ปัจจุบัน	20 หมู่ 6 ต.บางซ้าย อ.บางซ้าย จ.พระนครศรีอยุธยา 13270

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY