โมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

นายเจตนิพิฐ แท่นทอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา ภาควิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

INSTRUCTIONAL DESIGN MODEL OF VIRTUAL REALITY SIMULATION USING ARGUMENT-BASED INQUIRY FOR COMPUTATIONAL MODELING AND SCIENTIFIC REASONING ABILITY

Mr. Jettnipith Thantong

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Doctor of Philosophy in Educational Technology and Communications
Department of Educational Technology and Communications
Faculty of Education
Chulalongkorn University
Academic Year 2019

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	โมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง
โดย	นายเจตนิพิฐ แท่นทอง
สาขาวิชา	เทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรสุข ตันตระรุ่งโรจน์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร.ใจทิพย์ ณ สงขลา

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต

..... คณบดีคณะครุศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช สุชีวะ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.จินตวีร์ คล้ายสังข์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรสุข ตันตระรุ่งโรจน์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร.ใจทิพย์ ณ สงขลา)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.เนาวนิตย์ สงคราม)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรวดี ถังคบุตร)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชาตรี ฝ่ายคำตา)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เจตนิพิฐ แท่นทอง : โมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง. (INSTRUCTIONAL DESIGN MODEL OF VIRTUAL REALITY SIMULATION USING ARGUMENT-BASED INQUIRY FOR COMPUTATIONAL MODELING AND SCIENTIFIC REASONING ABILITY) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ผศ. ดร.พรสุข ตันตระรุ่งโรจน์, อ.ที่ปรึกษาร่วม : รศ. ดร.ใจทิพย์ ณ สงขลา

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาสภาพ ปัญหา ความต้องการในการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ครูผู้สอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 28 จำนวน 105 คน วิเคราะห์ผลโดยใช้ดัชนีความต้องการจำเป็น ตัวอย่างที่ทดลองออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ คือ ผู้วิจัย เมื่อผู้วิจัยพัฒนาโปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แล้วนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนศรีสะเกษวิทยาลัย จำนวน 40 คน วิเคราะห์ผลการทดลองด้วยการทดสอบที จากนั้นนำเสนอโมเดลการออกแบบ และรูปแบบของสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินความเหมาะสมและรับรองโมเดลการออกแบบ และรูปแบบของของสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์ผลโดยใช้ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และฐานนิยม

ผลการวิจัย พบว่า สื่อการเรียนการสอนที่ใช้ในปัจจุบันไม่สามารถพัฒนาผู้เรียนให้สามารถสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์โดยใช้คอมพิวเตอร์ แล้การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้เท่าที่ควรจะเป็น 2. ขั้นตอนของการการออบแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ประกอบไปด้วย 18 ขั้นตอน 3. ผู้เรียนที่เรียนด้วยสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น มีคะแนนการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 4. ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 คน มีความเห็นว่าโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมในระดับดีมาก 5. ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 คน มีความเห็นว่ารูปแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมในระดับดีมาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สาขาวิชา	เทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา	ลายมือชื่อนิสิต .....
ปีการศึกษา	2562	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....
		ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....

5684487827 : MAJOR EDUCATIONAL TECHNOLOGY AND COMMUNICATIONS
KEYWORD: virtual reality, simulation, argument-based inquiry, argument strategy, computational modeling, scientific reasoning

Jettnipith Thantong : INSTRUCTIONAL DESIGN MODEL OF VIRTUAL REALITY SIMULATION USING ARGUMENT-BASED INQUIRY FOR COMPUTATIONAL MODELING AND SCIENTIFIC REASONING ABILITY. Advisor: Asst. Prof. PORNSOOK TANTRARUNGROJ, Ph.D. Co-advisor: Assoc. Prof. JAITIP NA-SONGKHLA, Ph.D.

This objective of this study was to develop the instructional design model of an instructional design model of virtual reality simulation using argument-based inquiry for computational modeling and scientific reasoning ability. The sample for the study of the state of the problem in instructional needs in enhancing student's computational modeling and scientific reasoning abilities was 105 science teachers in educational service area 28. Data were analyzed by the Priority need index (PNI) technique. The sample of the instructional design was the researcher. After the researcher used the instructional design model, the virtual reality simulation was implemented with 40 grade nine students in Sisaketwittayalai school. In order to evaluate the computational modeling and scientific reasoning of a student, the researcher collected the computational modeling and scientific reasoning before and after activity. The data were analyzed using a dependent t-test. In order to analyze the quality of the instructional design model and the virtual reality simulation, the three educational technologists and two science educators were asked to evaluate both. The data were analyzed by mean, Standard deviation, and mode.

The research findings are as follows: 1. The science teachers estimated that current learning materials can not enhance student's computational modeling and scientific reasoning ability. 2. Procedure for designing virtual reality simulation using argument-based inquiry for computational modeling and scientific reasoning ability consists of 18 steps 3. Students recieved a higher score in computational modeling and scientific reasoning significantly at the statistical level of .05 after learned via the virtual reality simulation. 4. The instructional design model of an instructional design model of virtual reality simulation using argument-based inquiry for computational modeling and scientific reasoning ability was assessed by the five experts and received suitability at an excellent level. 5. The virtual reality simulation using argument-based inquiry for computational modeling and scientific reasoning ability was assessed by the five experts and received suitability at an excellent level.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Field of Study:	Educational Technology and Communications	Student's Signature .....
Academic Year:	2019	Advisor's Signature .....
		Co-advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยทุนสนับสนุนการวิจัยจาก ทุน 90 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และ ทุนอุดหนุนการวิจัย ประเภทบัณฑิตศึกษา จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาอย่างสูงของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรสุข ตันตระรุ่งโรจน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และ รองศาสตราจารย์ ดร.ใจทิพย์ ณ สงขลา อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ได้กรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ ตรวจสอบ ปรับปรุง และแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ในการวิจัยครั้งนี้ ด้วยความเมตตา กรุณา เสียสละ และเอาใจใส่เป็นอย่างยิ่ง ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในพระคุณเป็นอย่างยิ่ง จึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณท่านด้วยความเคารพอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.จินตวีร์ คล้ายสังข์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.เนาวนิตย์ สงคราม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรวดี ถังคบุตร และ รองศาสตราจารย์ ดร.ชาตรี ฝ่ายคำตา กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาตรวจสอบและให้คำแนะนำในการปรับปรุงแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษาทุกท่าน ที่เมตตา กรุณา ให้ความรู้ ความกระจ่างในศาสตร์ทางด้านเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มาดา และพี่สาว ที่ช่วยเป็นกำลังใจในการวิจัยครั้งนี้ รวมถึงคณะผู้บริหารและครูโรงเรียนศรีสะเกษวิทยาลัย จังหวัดศรีสะเกษ ที่คอยให้คำปรึกษา และอำนวยความสะดวก ให้การวิจัยเสร็จสิ้นสมบูรณ์

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณพี่ๆ ที่ร่วมเรียนด้วยกันมา ที่ช่วยเป็นแรงสนับสนุน และส่งเสริมกำลังใจแก่ผู้วิจัยอย่างเสมอมา

คุณค่าและประโยชน์ใดๆ อันพึงได้จากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอเทิดไว้เป็นเครื่องบูชาพระคุณบิดา มาดา บูรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน

เจตนิพิฐ แท่นทอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

..... ค

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญภาพ ..... ฐ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

คำถามของการวิจัย 6

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 6

วัตถุประสงค์ทั่วไป 6

วัตถุประสงค์เฉพาะ 7

ขอบเขตของการวิจัย 7

กรอบแนวคิดการวิจัย 10

คำอธิบายกรอบแนวคิดของการวิจัย 11

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย 16

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 18

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 19

ตอนที่ 1 ความจริงเสมือน 19

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.1 ความหมายของความจริงเสมือนบนหน้าจอ 21
1.2 ประเภทของความจริงเสมือน 24
1.3 องค์ประกอบของความจริงเสมือน 26
1.4 หลักการในการออกแบบความจริงเสมือน 29
1.5 เครื่องมือที่ใช้สร้างความจริงเสมือนบนหน้าจอ 30
1.6 งานวิจัยเกี่ยวกับความจริงเสมือน 33
ตอนที่ 2 สถานการณ์จำลอง 37
2.1 ความหมายของสถานการณ์จำลอง (Simulation) 38
2.2 องค์ประกอบของสถานการณ์จำลอง 40
2.3 การสอนโดยใช้สถานการณ์จำลอง 42
2.4 รูปแบบของการเรียนการสอนแบบสถานการณ์จำลอง 44
2.5 หลักการออกแบบการเรียนการสอนโดยใช้สถานการณ์จำลอง 45
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวกับสถานการณ์จำลอง 46
ตอนที่ 3 การสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ 47
3.1 ความหมายการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ 47
3.2 คุณลักษณะของการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ 51
3.3 ปัจจัยสนับสนุนการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ 55
3.4 งานวิจัยที่เกี่ยวกับคุณลักษณะสำคัญของการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ 55
ตอนที่ 4 กลยุทธ์การโต้แย้ง 57
4.1 ความหมายของการโต้แย้ง 57
4.2 กรอบของการโต้แย้ง 57
4.3 ทฤษฎีการโต้แย้ง 59
4.4 กลยุทธ์การโต้แย้ง 59

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.5 โครงสร้าง เนื้อหาสาระวิทยาศาสตร์ และบทบาทของการโต้แย้งในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ 61
4.6 งานวิจัยเกี่ยวกับการโต้แย้ง 64
ตอนที่ 5 การสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ 67
5.1 ความหมายชองการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ 67
5.2 กระบวนการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ 68
5.3 งานวิจัยเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ 68
ตอนที่ 6 การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 69
6.1 ความหมายของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 69
6.2 องค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 73
6.3.แนวทางการประเมินทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 77
6.4 รูปแบบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 78
6.5 งานวิจัยทีเกี่ยวกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 79
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 84
การวิจัยระยะที่ 1 การศึกษาสภาพ ปัญหา ความต้องการในการจัดการเรียนการสอน เพื่อพัฒนาการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น 84
การวิจัยระยะที่ 2 การพัฒนาโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐาน การโต้แย้ง 106
การวิจัยระยะที่ 3 การศึกษาผลการใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง 124
การวิจัยระยะที่ 4 การนำเสนอโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง 133

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การวิจัยระยะที่ 5 การนำเสนอรูปแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง 136

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 141

ตอนที่ 1 ผลการศึกษาสภาพ ปัญหา ความต้องการในการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนา การสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น 141

ตอนที่ 2 ผลการพัฒนาโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองและการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง 148

ตอนที่ 3 ผลการศึกษาผลการใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง 150

ตอนที่ 4 ผลการประเมินรับรองโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริม การสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐาน การโต้แย้งกับการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น 152

บทที่ 5 โมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการให้เหตุผล เชิงวิทยาศาสตร์และการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ด้วยการสืบสอบ บนฐานการโต้แย้ง 155

ตอนที่ 1 การนำเสนอโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการให้เหตุผล เชิงวิทยาศาสตร์และการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง 155

ตอนที่ 2 การนำเสนอรูปแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการให้เหตุผล เชิงวิทยาศาสตร์และการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง 187

บทที่ 6 สรุปผลวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 219

วิธีดำเนินการวิจัย 220

สรุปผลการวิจัย 222

อภิปรายผลการวิจัย 226

ข้อเสนอแนะ 232

บรรณานุกรม 234

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญและทรงคุณวุฒิ 248
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย..... 253
ภาคผนวก ค ผลการสังเคราะห์คำนิยามและองค์ประกอบ..... 304
ประวัติผู้เขียน..... 342

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 รายชื่อวารสารสำคัญทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา เทคโนโลยี และสื่อสารการศึกษา 86

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบสำคัญของความจริงเสมือน สถานการณ์จำลอง การสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ การสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ และการโต้แย้ง ที่สามารถส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 87

ตารางที่ 3 กิจกรรมของการสืบสอบที่ที่สามารถกระตุ้นการคิดและเมตคอกนิชันได้ (W. X. Zhang et al., 2015) 93

ตารางที่ 4 ผลการสังเคราะห์ขั้นตอนรูปแบบการออกแบบและพัฒนาการเรียนการสอนในรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมกับการสร้างสถานการณ์จำลองที่ใช้ใน การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ 95

ตารางที่ 5 การสร้างประเด็นคำถามในแบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 102

ตารางที่ 6 ขั้นตอนการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ 107

ตารางที่ 7 ตารางกำหนดพฤติกรรมที่ต้องการวัดและจำนวนข้อคำถามของเครื่องมือวิจัย 129

ตารางที่ 8 กิจกรรมในการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล 132

ตารางที่ 9 ข้อมูลพื้นฐานของผู้ตอบแบบสอบถาม 142

ตารางที่ 10 ความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพแรงจูงใจเดิมของผู้เรียน 144

ตารางที่ 11 ผลการจัดเรียงความต้องการจำเป็นตามดัชนีความต้องการจำเป็น 10 อันดับแรก 145

ตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานผลการประเมินความเหมาะสมของการใช้โมเดลการออกแบบฯ ในการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ 148

ตารางที่ 13 ผลการทดสอบที ค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน และหลังเรียน โดยใช้โปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ 150

ตารางที่ 14 ผลการทดสอบที ค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยโปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริง 151

ตารางที่ 15 ผลการประเมินรับรองโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ 152

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 16 ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบสานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ.....153

ตารางที่ 17 ผลการประเมินรับรองรูปแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ 154

ตารางที่ 18 การสังเคราะห์องค์ประกอบของความจริงเสมือน 305

ตารางที่ 19 การสังเคราะห์ความหมายของความจริงเสมือน.....310

ตารางที่ 20 การสังเคราะห์ความหมายของสถานการณ์จำลอง 314

ตารางที่ 21 การสังเคราะห์องค์ประกอบของสถานการณ์จำลอง.....317

ตารางที่ 22 การสังเคราะห์ความหมายของการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ 320

ตารางที่ 23 การสังเคราะห์ความหมายของการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์.....321

ตารางที่ 24 การสังเคราะห์ลักษณะสำคัญของการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ 323

ตารางที่ 25 การสังเคราะห์ความหมายของกลยุทธ์การโต้แย้ง 328

ตารางที่ 26 การสังเคราะห์ขั้นตอนของการโต้แย้ง 329

ตารางที่ 27 การสังเคราะห์ความหมายของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์.....331

ตารางที่ 28 การสังเคราะห์องค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 333

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย..... 10

ภาพที่ 2 ตัวอย่างสภาพแวดล้อมแบบ Full 3D (ดัดแปลงจาก Unity Technologies (2019)) 30

ภาพที่ 3 ตัวอย่างสภาพแวดล้อมแบบ Orthographic 3D (ดัดแปลงจาก Unity Technologies (2019))..... 30

ภาพที่ 4 ตัวอย่างสภาพแวดล้อมแบบ Full 2D (ดัดแปลงจาก Unity Technologies (2019)) 31

ภาพที่ 5 ตัวอย่างสภาพแวดล้อมแบบ 2D gameplay with 3D graphics (ดัดแปลงจาก Unity Technologies (2019))..... 31

ภาพที่ 6 ตัวอย่างสภาพแวดล้อมแบบ 2D gameplay and graphics, with a perspective camera (ดัดแปลงจาก Unity Technologies (2019))..... 31

ภาพที่ 7 หน้าเว็บไซต์สำหรับเลือกซื้อวัตถุเพื่อใช้ในงานสร้างเกมส์ (ดัดแปลงจาก Unity Technologies (2019))..... 32

ภาพที่ 8 โมเดลเชิงโครงสร้างอิทธิพลของความจริงเสมือนที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Ai-Lim Lee et al., 2010)..... 34

ภาพที่ 9 โมเดลสำหรับการบูรณาการเทคโนโลยีความจริงเสมือนบนหน้าจอเข้ากับระบบบริหารการเรียนการสอน (Dodd & Antonenko, 2012) 35

ภาพที่ 10 ตารางไขว้ความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการสืบสอบกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่เป็นองค์ประกอบของการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์..... 51

ภาพที่ 11 ตัวอย่างของการใช้ Toulmin’s argumentation framework ในการวิเคราะห์การให้เหตุผล ที่มา: Peters et al. (2011)..... 58

ภาพที่ 12 ความเหมือนและแตกต่างของรูปแบบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (Bolduc, 2014) 79

ภาพที่ 13 ตัวอย่างหน้าจอในโหมดทดสอบแบบจำลอง..... 90

ภาพที่ 14 ตัวอย่างส่วนต่อผสานผู้ใช้ในโหมดกรณีศึกษา..... 91

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาพที่ 15 ตัวอย่างหน้าต่างโปรแกรม Unity3D 126

ภาพที่ 16 โมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง 156

ภาพที่ 17 ตัวอย่างสตอรี่บอร์ดเพื่อพัฒนาโปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ 174

ภาพที่ 18 ไวร์เฟรมของสิ่งที่ต้องการสืบสอบ 175

ภาพที่ 19 ตัวอย่างข้อสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 178

ภาพที่ 20 ตัวอย่างโปรแกรมวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ 179

ภาพที่ 21 ตารางเก็บข้อมูลผลการทำแบบทดสอบการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ โดยใช้ฐานข้อมูล mysql 180

ภาพที่ 22 หน้า Web application ระบบติดตามการเรียนรู้ของผู้เรียนที่พัฒนาด้วยภาษา HTML, CSS, PHP และ Java Script 181

ภาพที่ 23 ตัวอย่างการใช้โปรแกรม Unity3D ในการพัฒนาโปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริง 182

ภาพที่ 24 ตัวอย่างการพัฒนา Script ของโปรแกรมด้วยภาษา C# 183

ภาพที่ 25 ตัวอย่างการเขียน Web Application เพื่อรับติดตามการเรียนรู้ของผู้เรียนด้วยภาษา HTML, CSS, Java Script และ PHP 183

ภาพที่ 26 Game mode ของโปรแกรม Unity3D 184

ภาพที่ 27 หน้าจอ Web application ที่ใช้ติดตามการเรียนรู้ของผู้เรียน 186

ภาพที่ 28 ขั้นตอนการเรียนรู้โดยใช้สถานณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง 189

ภาพที่ 29 ภาพรวมขององค์ประกอบของสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ ในแต่ละโมดูล และเครื่องมือสนับสนุนการเรียนรู้ 190

ภาพที่ 30 ตัวอย่างหน้าจอขั้นเผชิญคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ 195

ภาพที่ 31 ตัวอย่างหน้าจอขั้นการสร้างคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ 196

ภาพที่ 32 ตัวอย่างหน้าจอขั้นตั้งสมมติฐาน 197

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 33 ตัวอย่างหน้าจอขั้นโต้แย้งโดยใช้กลยุทธการโต้แย้ง 198
ภาพที่ 34 การนำเข้าสู่สถานการณ์จำลองของโมดูลนักพิสูจน์โดยใช้โลกเสมือน 199
ภาพที่ 35 หน้าจอขั้นศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 200
ภาพที่ 36 หน้าจอขั้นกำหนดตัวแปรควบคุม 201
ภาพที่ 37 ขั้นกำหนดปริมาณของตัวแปรอิสระ 202
ภาพที่ 38 หน้าจอขั้นสังเกตการเปลี่ยนแปลงของระบบ 203
ภาพที่ 39 หน้าจอขั้นสังเกตความสัมพันธ์ของตัวแปรเชิงพหุ 204
ภาพที่ 40 หน้าจอขั้นลงข้อสรุป 205
ภาพที่ 41 หน้าจอขั้นระบุหลักฐานของข้อสรุป 206
ภาพที่ 42 หน้าจอขั้นโต้แย้งข้อสรุปโดยใช้กลยุทธ์การโต้แย้ง 207
ภาพที่ 43 หน้าจอการนำเข้าสู้กิจกรรมของโมดูลผู้รู้แจ้งโดยใช้ Learning Agent 208
ภาพที่ 44 หน้าจอขั้นเลือกคำถามเกี่ยวกับความรู้เกี่ยวกับความจริง 209
ภาพที่ 45 หน้าจอขั้นตอบคำถามเกี่ยวกับความรู้เกี่ยวกับความจริง 210
ภาพที่ 46 หน้าจอขั้นโต้แย้งโดยใช้กลยุทธ์การโต้แย้ง 211
ภาพที่ 47 หน้าจอการใช้ Chat ในการสร้างการจดจ่อของผู้เรียน 212
ภาพที่ 48 การใช้ Avatar ในการสร้างการจดจ่อของผู้เรียน 213
ภาพที่ 49 การใช้เครื่องคิดเลขเป็นเครื่องมือช่วยในการคำนวน 214
ภาพที่ 50 หน้าจอเมนูหลัก 215
ภาพที่ 51 หน้าจอโปรแกรมแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ 216
ภาพที่ 52 หน้าจอแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ในโปรแกรม Google From 217

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ตามที่แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2560–2579 ได้พยายามพัฒนาคุณภาพการศึกษาเพื่อสนับสนุนและส่งเสริมผู้เรียนให้กลายเป็นทรัพยากรมนุษย์ที่มีคุณภาพ โดยกำหนดเป้าหมายการจัดการศึกษาว่าระบบการศึกษาของไทยต้องเนระบบการศึกษาที่ตอบสนองและก้าวทันการเปลี่ยนแปลงของโลกที่เป็นพลวัตและบริบทที่เปลี่ยนแปลง (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ, 2560a, 2560b) นั้นก็เพื่อที่จะช่วยส่งเสริมภาพลักษณ์ในเชิงธุรกิจ ที่สะท้อนผ่านผลการประเมินในระดับนานาชาติอย่างเช่น ผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาของนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาปี ที่ 2 ในวิชาคณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ (Trends in International Mathematics and Science Study: TIMSS) และผลการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ของ The Programme for International Student Assessment (PISA) ซึ่งผลการประเมินของทั้ง 2 รายการนั้นมีความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนผลการสอบกับผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (Gross domestic product หรือ GDP) และเมื่อนานาชาติต่างให้ความสำคัญกับความมั่งคั่งของประเทศผลการสอบจึงกลายมาเป็นตัวชี้วัดคุณภาพของทรัพยากรแรงงานในกลไกธุรกิจ ดังนั้นประเทศไทยจึงต้องมีการปรับเปลี่ยนการจัดการศึกษาทั้งในระดับหลักสูตร กิจกรรมการสอน หรือแม้แต่สื่อที่เกี่ยวกับการสอน ประกอบกับการเติบโตของเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่มีพัฒนาการอย่างก้าวกระโดดทำให้ประเทศไทยจำเป็นจะต้องเตรียมความพร้อมให้กับผู้เรียนให้กลายเป็นทั้งผู้ที่มีความรู้ การคิดที่เป็นระบบ และทักษะด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ที่พร้อมสำหรับการเป็นพลเมืองของโลกในยุคไซเบอร์ในอนาคต อีกทั้งสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานยังได้กำหนดจุดเน้นเพื่อปฏิรูปการศึกษาโดยเร่งส่งเสริมให้สถานศึกษาจัดการเรียนการสอนบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM education) ซึ่งเป็นการบูรณาการความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์ โดยหวังว่าผู้เรียนจะเป็นแรงงานสะเต็มที่มีคุณภาพสนับสนุนการพัฒนาประเทศด้วยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ผลการประเมิน PISA 2015 ชี้ให้เห็นว่าคะแนนวิชาวิทยาศาสตร์ของไทยต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD (Organization for Economic Co-operation and Development) ซึ่งโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ PISA มีเป้าหมายหลักเพื่อให้ข้อมูลว่าระบบการศึกษาได้เตรียมความพร้อม

สำหรับนักเรียนที่จะดำเนินชีวิตและมีส่วนสร้างสรรค์สังคมมากน้อยเพียงใดแก่รัฐบาลแต่ละประเทศ เพื่อใช้พิจารณาประกอบการจัดการศึกษา และ PISA ยังให้ข้อมูลต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อกายกระดับคุณภาพการศึกษาอีกด้วย (โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ, 2556) ในบริบทของประเทศไทยนั้นผลการประเมินการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ยังไม่สู้ดีนักเมื่อตั้งข้อสังเกตจากนักเรียนไทยส่วนใหญ่มีการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ในระดับ 2 เท่านั้น แตกต่างจากประเทศที่มีคะแนนสูง เช่น สิงคโปร์และเซี่ยงไฮ ที่นักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ในระดับ 4 (U.S. department of Education Institute of Education Sciences National Center for Education Statistics, n.d.) จากผลการประเมินดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า นักเรียนไทยยังต้องการการพัฒนาการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ในมุมมองที่ PISA กำลังมุ่งประเมิน ดังนั้นการจะหานวัตกรรมที่จะช่วยพัฒนาผู้เรียนทั้งระบบให้มีคุณภาพตามที่ PISA กำหนดนั้นเป็นไปได้ยาก เนื่องจากขอบข่ายของการประเมินไม่เน้นการท่องจำเนื้อหาหากแต่เป็นทักษะการคิดขั้นสูงของผู้เรียนในบริบทของวิทยาศาสตร์เท่านั้น มีงานวิจัยจากประเทศฟินแลนด์ซึ่งเป็นประเทศที่มีคะแนนผลสอบในอันดับต้นๆ ได้ชี้นำว่า

> *“PISA เป็นการประเมินความสามารถของผู้เรียนว่าจะดำรงชีวิตในอนาคตได้ดีเพียงใดเท่านั้น ซึ่งความเป็นจริงแล้ว PISA ประเมินมันผ่านทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์”*(Thuneberg, Hautamäki, & Hotulainen, 2014)

งานวิจัยในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมาชี้ให้เห็นว่าการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้กลายมาเป็นแก่นของการประเมินและวิพากษ์งานทางวิทยาศาสตร์ (Henderson, MacPherson, Osborne, & Wild, 2015)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แนวคิดดังกล่าวแสดงว่าถ้าหากเราสามารถพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้ก็จะทำให้สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนมีผลการประเมินการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์สูงขึ้นตามไปด้วย นอกจากนั้นการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ยังเป็นหนึ่งในทักษะการคิดขั้นสูงที่ผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 จะต้องมี (Osborne, 2013) เพราะต้องใช้มากกว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์แต่ยังรวมถึงการมีความเข้าใจว่าเหตุใดจึงเลือกพิสูจน์ข้อสงสัยด้วยวิธีการที่เหมาะสมนั้นๆ อีกทั้งเอกสารที่เกี่ยวกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในช่วงปี 2010 – 2016 ยังชี้นำว่าการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ควรประกอบไปด้วยความสามารถย่อยอีก 4 ความสามารถ ได้แก่ ความสามารถในการตั้งสมมติฐาน ความสามารถในการควบคุมและออกแบบการทดลอง ความสามารถในการประเมินประจักษ์พยานและการใช้องค์ความรู้ที่เกี่ยวกับความจริง (Mayer, Sodian, Koerber, & Schwippert, 2014; Nowak, Nehring, Tiemann, & Upmeier zu Belzen, 2013; Osborne, 2013; Timmerman,

Strickland, Johnson, & Payne, 2010; จุฬาลักษณ์ ยิ้มดี, 2556; พงศ์พรหม พรเพิ่มพูน, 2556; สิทธิศักดิ์ จินดาวงศ์, 2555) และในช่วงเวลาที่ผ่านมามีความพยายามมากมายที่จะพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยกลยุทธ์การเรียนการสอนที่หลากหลาย เช่น การสอนแบบสืบสอบ (Furtak, Seidel, Iverson, & Briggs, 2012; Gillies, Nichols, Burgh, & Haynes, 2014) การสอนตามแนวทฤษฎีการรู้เรื่องเป็นฐาน (Theory Based Theory) (Hoban & Nielsen, 2014) และเนื่องจากการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มีอิทธิพลต่อ การโต้แย้งด้วยเหตุผล ความเชื่อในความจริง สมรรถนะทางการเรียนรู้ (Hoban & Nielsen, 2014) ระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน องค์ความรู้เชิงมโนทัศน์ และผลสัมฤทธิ์ (Acar, 2014)

ในช่วงเวลาที่ผ่านมาหน่วยงานทางด้านการศึกษาโดยเฉพาะอย่างยิ่งสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาต่างๆ ไม่ได้เพิกเฉยต่อสถานการณ์ปัญหาดังกล่าว ได้จัดโครงการพัฒนาครูวิทยาศาสตร์ทั่วประเทศเป็นทุกๆ ปี อย่างต่อเนื่อง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560; สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาบุรีรัมย์ เขต 1, 2561; สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาลำพูน เขต 1, 2562) แต่เนื่องด้วยขีดจำกัดของงบประมาณและเวลาที่ใช้ในการจัดอบรมแต่ละรอบ ไม่สามารถจัดสรรให้กับครูได้อย่างครอบคลุมทั่วประเทศดังนั้นการพัฒนาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษาที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนจึงเป็นเรื่องจำเป็นที่จะต้องถูกพิจารณา เนื่องจากสามารถลงทุนผลิตเพียงครั้งเดียวแต่สามารถส่งไปยังทุกโรงเรียนรวมถึงโรงเรียนในเขตพื้นที่ห่างไกลและขาดแคลนครูได้

ผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ต่างต้องเผชิญกับสารสนเทศอุบัติใหม่ที่หลากหลายทั้งในเชิงวิทยาศาสตร์และที่ไม่ใช่วิทยาศาสตร์ ผู้คนมักจะตกหลุมพรางของความเชื่อที่ตนมีต่อประจักษ์พยานโดยขาดการไตร่ตรองด้วยเหตุผลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่ควรจะเป็นในสังคมที่ใช้วิทยาศาสตร์เป็นฐานในการพัฒนาประเทศ การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไม่ใช่อะไรที่จะบอกแค่ว่าจะหาคำตอบได้อย่างไรแต่เป็นการบอกวิธีหาคำตอบโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ประกอบคำอธิบายด้วย จากการตรวจสอบวรรกรรมของผู้วิจัยพบว่า จริง ๆ แล้วการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์นั้นเกี่ยวข้องกับการสร้างข้อโต้แย้งที่ใช้ประจักษ์พยานเป็นฐาน (Evidence-based argument) เพื่อสร้างองค์ความรู้เชิงมโมติ และทักษะการให้เหตุผล (Acar, 2014) มีข้อค้นพบจากงานวิจัยว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กับการโต้แย้งด้วยเหตุผล และความเชื่อในความจริง (Hoban & Nielsen, 2014) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเราสามารถพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ผ่านกระบวนการโต้แย้งได้ และด้วยหลักการโต้แย้งนั้นจะส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดทักษะการแก้ปัญหาโดยใช้เหตุและผลที่ผ่านรวบรวมสารสนเทศก่อนตัดสินใจ เป็นการใช้การโต้แย้งและ

การโต้แย้งกลับ จากนั้นเลือกเหตุผลที่ยอมรับได้จากข้อโต้แย้ง สุดท้ายจึงลงความเห็น (Amgoud & Kaci, 2007) ช่วงเวลาที่ผ่านมานักวิทยาศาสตร์ศึกษาพยายามที่จะแสวงหาสิ่งที่จะช่วยสนับสนุนการมีส่วนร่วมของนักเรียนในการปฏิบัติเชิงวิทยาศาสตร์ทั้งในและนอกชั้นเรียน โดยเฉพาะการปฏิบัติเพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้ (Epistemic practice) ซึ่งเป็นทักษะรากเหง้าพื้นฐานที่มีอิทธิพลต่อการรับรู้ในแขนงวิชานั้นๆ การโต้แย้งเป็นหนึ่งในการปฏิบัติที่ได้รับการยอมรับในบทความวิจัยจำนวนมาก (Manz, 2014; Psycharis, 2013) จึงทำให้เชื่อได้ว่าการนำการโต้แย้งมาใช้ร่วมกับกิจกรรมเชิงปฏิบัติจะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความสามารถในด้านการใช้วิธีการต่างๆ เพื่อให้ได้องค์ความรู้อย่างมีประสิทธิภาพได้

รัฐบาลไทยมุ่งเน้นจะปฏิรูปการศึกษาโดยมุ่งเน้นการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศลการสื่อสารเพื่อพัฒนาคุณภาพการศึกษาให้ทัดเทียมอารยประเทศ ลดปัญหาการขาดแคลนครู เพิ่มผลสัมฤทธิ์และยกระดับผลการประเมิน PISA ซึ่งปฏิเสธไม่ได้ว่าสภาพแวดล้อมทางการเรียนรู้แบบเสมือนจะเข้ามามีบทบาทสำคัญในการเป็นตัวกลางในการขับเคลื่อนนโยบายนี้เพราะเป็นการลงทุนเพียงครั้งเดียวแต่ได้ประโยชน์ในวงกว้างและง่ายต่อการวิจัยพัฒนาในเชิงนโยบาย ที่ผ่านมาสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานได้ส่งเสริมให้สร้างแอปพลิเคชันส่งเสริมการเรียนรู้มากมาย เช่น แอปพลิเคชันส่งเสริมการเรียนรู้ภาษาอังกฤษ ภายใต้ชื่อ Echo English เพื่อใช้เป็นแหล่งเรียนรู้ให้กับผู้เรียนและได้รับการตอบจากครู และนักเรียนเป็นอย่างดี (กระทรวงศึกษาธิการ, 2559) ทำให้เห็นชัดได้ว่าครูและผู้เรียนจำนวนมากสามารถเข้าถึงสภาพแวดล้อมทางการเรียนรู้ได้จากทุกที่ทุกเวลา และเนื่องจากพัฒนาการของเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ที่ก้าวกระโดดทำให้เทคโนโลยีที่น่าตื่นตาตื่นใจอย่างความจริงเสมือน สามารถเข้าถึงได้ไม่ยากนัก ทำให้มีการวิจัยเพื่อพัฒนาสภาพแวดล้อมทางการเรียนรู้แบบเสมือนเป็นจำนวนมากเกิดขึ้นในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาโดยเฉพาะบทปฏิบัติการเสมือนที่ใช้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งชี้ให้เห็นขนาดอิทธิพลของการใช้ปฏิบัติการเสมือนนั้นไม่ด้อยไปกว่าปฏิบัติการจริงเลยอีกทั้งยังลงทุนน้อยกว่าอีกด้วย (Brinson, 2015) หรือแม้แต่การค้นพบผลการใช้สภาพแวดล้อมทางการเรียนรู้แบบความจริงเสมือนบนหน้าจอที่ให้ผลดีกับผลสัมฤทธิ์รายวิชาเคมีของผู้เรียน (Merchant et al., 2012) จึงทำให้ผู้วิจัยเชื่อมั่นได้ว่าการใช้สภาพแวดล้อมทางการเรียนรู้แบบความจริงเสมือนมาเป็นสื่อกลางในการจัดสภาพแวดล้อมจะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความตื่นตาตื่นใจเรียนรู้ไปตามศักยภาพและความแตกต่างระหว่างบุคคลได้ดีอีกด้วย ซึ่งจะช่วยเติมเต็มขีดจำกัดของข้อค้นพบที่เกี่ยวกับนวัตกรรมที่ใช้พัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ผ่านมาได้เป็นอย่างดี (Furtak et al., 2012; Gillies et al., 2014; Hoban & Nielsen, 2014)

ท่ามกลางการเพิ่มขีดความสามารถในการจัดหาคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง อย่างเช่น กระดานอัจฉริยะ และอุปกรณ์พกพา ทำให้ความจริงหนึ่งปรากฏที่ต้องยอมรับคือ ผู้ใช้สามารถเข้าถึงโปรแกรมสถานการณ์จำลองได้ง่ายขึ้น เพียงสมาร์ตโฟนก็สามารถเข้าถึงโปรแกรมสถานการณ์จำลองได้โดยไม่มีค่าใช้จ่าย ทำให้การเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรมสถานการณ์จำลองเข้ามามีบทบาทมากยิ่งขึ้นในหลักสูตรการเรียนการสอนโดยเฉพาะรายวิชาที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เนื่องจากโปรแกรมสถานการณ์จำลองช่วยให้ผู้เรียนสามารถทดลอง ลองผิดลองถูก สร้างคำอธิบาย และกำหนดจังหวะแห่งการเรียนรู้เป็นของตนเองได้เป็นอย่างดี มีงานวิจัยจำนวนมากที่สนับสนุนการใช้โปรแกรมสถานการณ์จำลองผสานกับหลักสูตรการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ชี้ให้เห็นว่า การสอนโดยใช้โปรแกรมสถานการณ์จำลองช่วยให้เข้าใจมโนมติมากยิ่งขึ้น ขยายองค์ความรู้ได้ดียิ่งขึ้น เรียนรู้ได้ดียิ่งขึ้น พัฒนาองค์ความรู้และสมรรถนะวิทยาศาสตร์ดียิ่งขึ้น เสริมสร้างทัศนคติที่ดีต่อรายวิชาให้สูงขึ้น และลดเวลาที่ใช้ในการเรียนรู้ (Rutten, van Joolingen, & van der Veen, 2012) จึงทำให้เชื่อมั่นได้ว่าการนำระบบโปรแกรมสถานการณ์จำลองมาใช้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจและทักษะกระบวนการคิดที่ดีขึ้นได้

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาการศึกษาเกี่ยวกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ยังคงเป็นประเด็นที่ได้รับความสนใจอย่างมากจากคนในแวดวงวิทยาศาสตร์ศึกษาจนอาจจะกลายมาเป็นมาตรฐานใหม่ของสมรรถนะวิทยาศาสตร์ในอนาคตอันใกล้ก็ว่าได้ ซึ่งในการสร้างคำอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกิดขึ้นในยุคนี้ล้วนแต่ต้องใช้ตัวแบบจำลองคอมพิวเตอร์ทั้งสิ้นซึ่งเป็นสิ่งแทนปรากฏการณ์ได้อย่างดีถึงอิทธิพลแต่ละองค์ประกอบในปรากฏการณ์ที่มีอิทธิพลต่อกัน แม้แต่ศูนย์วิจัยแห่งชาติประเทศสหรัฐอเมริกาหรือ NRC ยังเห็นความสำคัญของสมรรถนะนี้จึงได้กำหนดทักษะปฏิบัติหนึ่งเกี่ยวกับการใช้แบบจำลองลงไปในมาตรฐานของหลักสูตรวิทยาศาสตร์และวิศกรรมศาสตร์ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานอีกด้วย (Wu, Wu, Zhang, & Hsu, 2013) ดังนั้นจึงปฏิเสธไม่ได้ว่าผู้เรียนจะพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้นั้นจะต้องผ่านกระบวนการของการสร้างแบบจำลองเชิงคำนวณอย่างเป็นระบบซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนทำความเข้าใจเกี่ยวกับอิทธิพลของตัวแปรที่หลากหลายในปรากฏการณ์นั้นๆ ได้เป็นอย่างดี ซึ่งการคิดเชิงคำนวณยังจะช่วยให้ผู้เรียนประสบความสำเร็จในการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาอีกด้วย (Grover & Pea, 2013) ทำให้ผู้วิจัยเชื่อมั่นว่ากิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนสร้างและตรวจสอบแบบจำลองคอมพิวเตอร์จะช่วยพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์และปรากฏการณ์ต่างๆ ได้อย่างลึกซึ่งมากยิ่งขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากเหตุผลที่ผู้วิจัยกล่าวอ้างมานั้น ผู้วิจัยจึงมีต้องการที่จะพัฒนารูปแบบการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์โดยการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นขึ้น เพื่อใช้เป็นแนวทางให้ผู้ที่สนใจนำไปออกแบบและสร้างสถานการณ์จำลองเสมือนเพื่อใช้พัฒนาความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ต่อไป เนื่องจากความจริงเสมือนและสถานการณ์จำลองจะช่วยลดปัญหากิจกรรมการเรียนการสอนที่มากเกินในชั้นเรียนและเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ผ่านความจริงเสมือนที่สร้างขึ้นแทนการศึกษาจากปรากฏการณ์จริงและจะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนได้กำหนดจังหวะทางการเรียนรู้ของตนเองในกิจกรรมสืบสอบ การสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์จะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจความสัมพันธ์ของตัวแปรในระบบที่กำลังศึกษาจนสามารถสร้างสมมติฐานที่แม่นยำได้และกิจกรรมที่เป็นการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ร่วมกับการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนกลยุทธการโต้แย้งจะช่วยให้ผู้เรียนได้ทบทวนความรู้ ข้อค้นพบ โดยอาศัยประจักษ์พยานในการอ้างอิงซึ่งเป็นหัวใจของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

คำถามของการวิจัย

1. สภาพปัญหา ความต้องการในการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นเป็นอย่างไร

2. โมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้งควรเป็นอย่างไร

3. สถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้งควรเป็นอย่างไร

4. สถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง สามารถส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ของผู้เรียนได้หรือไม่

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

วัตถุประสงค์ทั่วไป

1. เพื่อพัฒนาโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วัตถุประสงค์เฉพาะ

1. เพื่อศึกษาสภาพ ปัญหา ความต้องการในการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ข และการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

2. เพื่อพัฒนาโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

3. เพื่อพัฒนารูปแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

4. เพื่อศึกษาผลการใช้รูปแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

5. เพื่อนำเสนอโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

6. เพื่อนำเสนอรูปแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

ขอบเขตของการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขอบเขตของการวิจัย สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

1. ขอบเขตของการวิจัยเพื่อศึกษาสภาพ ปัญหา ความต้องการในการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น มีขอบเขต ดังนี้

1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ ครูผู้สอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานทั่วประเทศ

1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ ครูผู้สอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่มัธยมศึกษา เขต 28 จำนวน 105 คน ที่ได้จากการเลือกแบบเจาะจง

เนื่องจากสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาเขต 28 เป็นเขตพื้นที่ที่มีผลการทดสอบ PISA ในระดับต่ำ ทำให้อนุมานได้ว่าผู้เรียนเรียนเขตพื้นที่ดังกล่าวมีการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ต่ำด้วยเช่นกัน ดังนั้น ครูผู้สอนในเขตพื้นที่ฯ จึงมีความเหมาะสมกับกับการศึกษาครั้งนี้

1.3 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย มีดังนี้

1.3.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่ ประสบการณ์การสอน ระดับชั้นที่สอน ขนาดโรงเรียน ระดับการศึกษา และเวลาที่ใช้ในการออกแบบการเรียนการสอน

1.3.2 ตัวแปรตาม คือ ดัชนีความต้องการจำเป็น

2. ขอบเขตของการวิจัยเพื่อศึกษาผลการใช้รูปแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง มีดังนี้

2.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 28 จำนวน 10,659 คน

2.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนศรีสะเกษวิทยาลัย จำนวน 40 คน ที่ได้จากการเลือกแบบเจาะจง เนื่องจากการที่ผู้วิจัยลงพื้นที่สำรวจความพร้อมของโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 28 พบว่า โรงเรียนที่มีความพร้อมของอุปกรณ์ และเวลาของการจัดกิจกรรมเสริมหลักสูตรที่ไม่กระทบกับเวลาเรียนมีจำกัด ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกโรงเรียนศรีสะเกษวิทยาลัยเป็นสถานที่ดำเนินการวิจัย และได้ทำการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.3. ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่

2.3.1 ตัวแปรอิสระ คือ รูปแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นตามขั้นตอนของโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ

2.3.2 ตัวแปรตาม คือ ความสามารถในการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ และความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

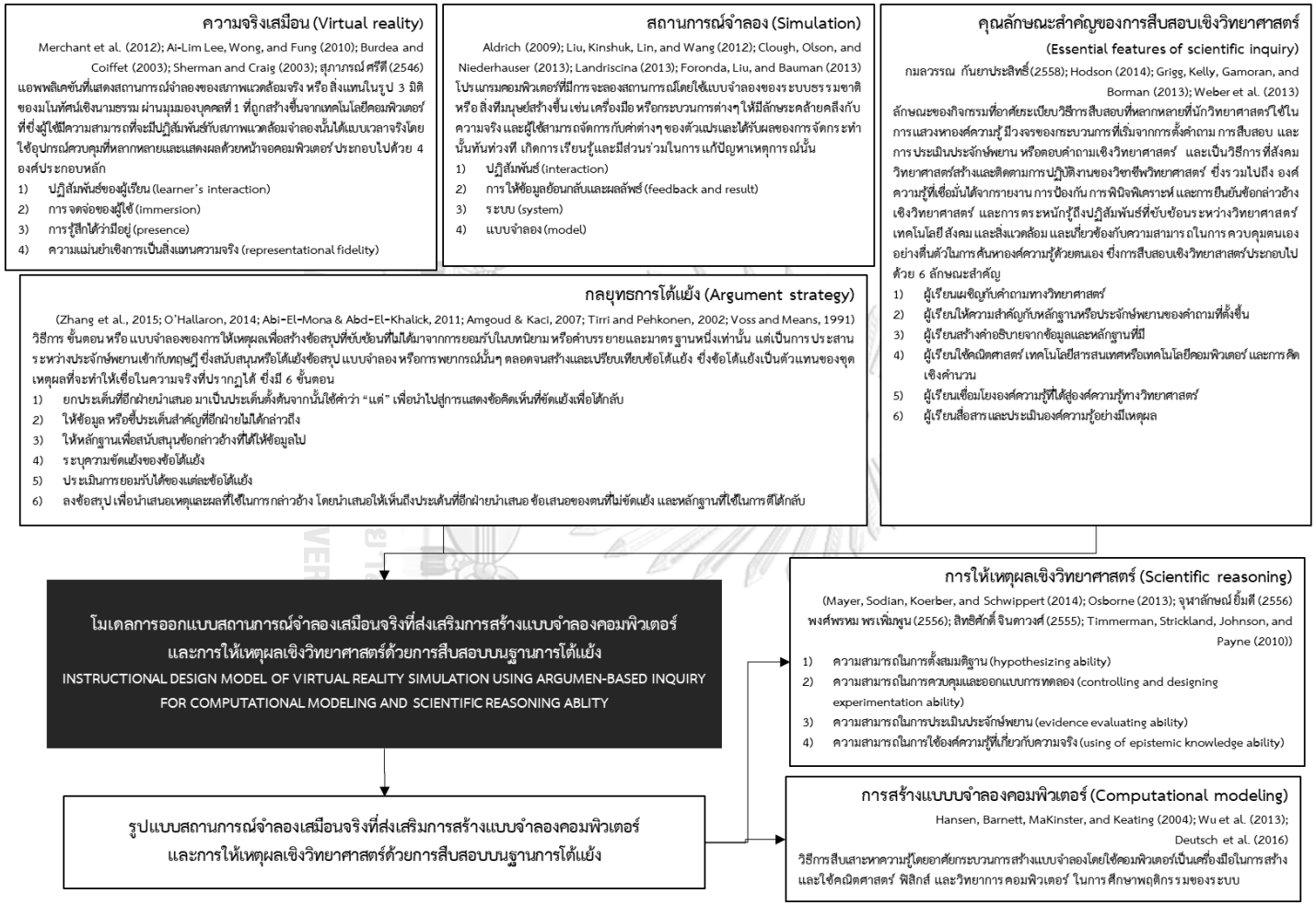
2.4 เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้เนื้อหารายวิชาวิทยาศาสตร์ ช่วงชั้นที่ 2 มัธยมศึกษาปีที่ 1 – 3 ประกอบด้วยเนื้อหาเรื่อง การเปลี่ยนแปลงพลังงานของระบบ (Meindertsma et al., 2014) กระบวนการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม (Tsui & Treagust, 2009) สารและ

การเปลี่ยนแปลงของสาร การอนุรักษ์มวล ปริมาตร มวลและปริมาตร กราฟและความหนาแน่น และความหนาแน่น และความร้อนและอุณหภูมิ (Acar, 2014) ซึ่งนำมาประยุกต์สร้างเป็นระบบของสถานการณ์จำลอง และแบบทดสอบฯ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

คำอธิบายกรอบแนวคิดของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้มีกรอบแนวคิดของทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. ความจริงเสมือน หมายถึง โปรแกรมที่สร้างขึ้นจากคอมพิวเตอร์ที่แสดงสถานการณ์จำลองของสภาพแวดล้อมจริง หรือ สิ่งแทนความจริงในรูป 3 มิติ ของมโนทัศน์เชิงนามธรรม ผ่านมุมมองบุคคลที่ 1 ที่ถูกสร้างขึ้นจากเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ที่ซึ่งผู้ใช้สามารถที่จะมีปฏิสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมจำลองนั้นได้แบบเวลาจริง โดยใช้อุปกรณ์ควบคุมที่หลากหลายและแสดงผลผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ ประกอบไปด้วย 4 องค์ประกอบหลัก

1.1 ปฏิสัมพันธ์ของผู้เรียน (Learner's Interaction) หมายถึง ความสามารถของแอปพลิเคชันความจริงเสมือนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนกำหนดสิ่งต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้นในเหตุการณ์นั้น ๆ ในสภาพแวดล้อมเสมือนด้วยตัวผู้เรียนเอง ซึ่งจะช่วยให้ผุ้เรียนสามารถที่จะสำรวจ จัดการ หมุนภาพและมองวัตถุจากมุมมองที่หลากหลาย เช่น ผู้เรียนสามารถปรับเปลี่ยนมุมมองได้ 360 องศา

1.2 การจดจ่อของผู้ใช้ (Immersion) หมายถึง ความสามารถของแอปพลิเคชันที่สามารถสร้างความรู้สึกให้กับผู้เรียนว่าได้อยู่ในสถานการณ์นั้นจริง ๆ เช่น การมีบทบาทเป็นตัวละครที่ดำเนินกิจกรรมในสภาพแวดล้อมเสมือนนั้น ๆ

1.3 การรู้สึกได้ว่ามีอยู่ (Presence) หมายถึง การที่ผู้ใช้สามารถรับรู้ได้ถึงปฏิสัมพันธ์ที่เกิดขึ้น โดยได้รับจากภาพ เสียง หรือสิ่งเร้าอื่น ๆ กล่าวคือ เป็นประสบการณ์ที่ได้รับจากความจริงเสมือนไม่ใช่ความรู้สึกว่าเข้าไปอยู่ในสภาพแวดล้อมเชิงกายภาพนั้นจริง ๆ เช่น การเดินชนวัตถุแล้วเกิดปฏิสัมพันธ์กับตัวละคร

Chulalongkorn University

1.4 ความแม่นยำเชิงการเป็นสิ่งแทนความจริง (Representational Fidelity) หมายถึง การแสดงผลที่สมจริงของสภาพแวดล้อมเสมือนซึ่งสามารถถูกเติมเต็มด้วยลักษณะทางกายภาพของสภาพแวดล้อม ได้แก่ ภาพกราฟฟิก และความแน่นอนของพฤติกรรมของวัตถุ เช่น การไหลของของเหลวที่มีพฤติกรรมเชิงฟิสิกส์ได้เหมือนจริง การแสดงพฤติกรรมเชิงฟิสิกส์ที่ถูกต้องเมื่อวัตถุถูกกระตุ้น การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างช้า ๆ เป็นต้น

2. สถานการณ์จำลอง (Simulation) หมายถึง โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีการจำลองสถานการณ์โดยใช้แบบจำลองของระบบธรรมชาติ หรือ สิ่งทีมนุษย์สร้างขึ้น เช่น เครื่องมือหรือกระบวนการต่าง ๆ ให้มีลักษณะคล้ายคลึงกับความจริง และผู้เรียนสามารถจัดการกับค่าต่าง ๆ

ของตัวแปรและได้รับผลของการจัดกระทำนั้นทันท่วงที เกิดการเรียนรู้และมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาเหตุการณ์นั้น ซึ่งประกอบไปด้วยองค์ประกอบหลัก 4 องค์ประกอบ ดังนี้

2.1 ปฏิสัมพันธ์ (Interaction) หมายถึง ความสามารถของโปรแกรมที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนกำหนดสถานการณ์การต่าง ๆ ของโปรแกรม เช่น การคลิกเพื่อเปลี่ยนหน้า การคลิกไฮเพอร์ลิงค์ การคลิกปุ่มเล่น ตลอดจนกำกำหนดค่าพารามิเตอร์ และค่าตัวแปรนำเข้าต่าง ๆ ในสถานการณ์จำลอง

2.2 การให้ข้อมูลย้อนกลับและผลลัพธ์ (Feedback and result) หมายถึง ความสามารถของโปรแกรมในการแสดงผลที่เกิดจากสิ่งที่ผู้เรียนกำหนดและกระทำจนเกิดการแสดงออกทั้งในลักษณะ 3 มิติ แผนภูมิ กราฟ หรือตาราง เช่น การำหนดตัวแปรอิสระของปรากฏการณ์ จากนั้นมีการรายงานผลการทดลองในรูปแบบกราฟที่แสดงความสัมพันธ์เชิงพหุ

2.3 ระบบ (System) หมายถึง ความสามารถของโปรแกรมในการแสดงชุดขององค์ประกอบของปรากฏการณ์ที่ส่งผลกระทบกันเป็นเชิงระบบ เช่น เมื่อวัตถุชนกันจะต้องเกิดการดลขึ้น หรือ การผสมของเหลวจะทำให้ปริมาตรของของเหลวเพิ่มขึ้น เป็นต้น

2.4 แบบจำลอง (Model) หมายถึง ความสามารถของโปรแกรมที่แสดงองค์ประกอบของระบบได้อย่างครบถ้วนตรงตามทฤษฎีหรือแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อใช้ในการนำเสนออิทธิพลของแบบจำลองย่อย ๆ ที่ส่งผลในเชิงระบบ เช่น การแสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของของเหลวผสมจะถูกกำหนดโดย ความจุความร้อน ปริมาตร อุณหภูมิก่อนผสม และความหนาแน่นของทั้งของเหลวที่ให้ความร้อน และของเหลวที่รับความร้อน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. คุณลักษณะสำคัญของการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ (Essential Features of Scientific inquiry) หมายถึง ลักษณะของกิจกรรมในแอปพลิเคชันที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนอาศัยระเบียบวิธีการสืบสอบที่หลากหลายที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการแสวงหาองค์ความรู้ มีวงจรของกระบวนการที่เริ่มจากการตั้งคำถาม การสืบสอบ และการประเมินประจักษ์พยาน หรือตอบคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ และเป็นวิธีการที่สังคมวิทยาศาสตร์สร้างและติดตามการปฏิบัติงานของวิชาชีพวิทยาศาสตร์ ซึ่งรวมไปถึง องค์ความรู้ที่เชื่อมั่นได้จากรายงาน การป้องกัน การพินิจพิเคราะห์ และการยืนยันข้อกล่าวอ้างเชิงวิทยาศาสตร์ และการตระหนักรู้ถึงปฏิสัมพันธ์ที่ซับซ้อนระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม และเกี่ยวข้องกับความสามารถในการควบคุมตนเองอย่างตื่นตัวในการค้นหาองค์ความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ประกอบไปด้วย 6 ลักษณะสำคัญ ซึ่งประกอบด้วย 6 ลักษณะสำคัญต่อไปนี้

3.1 ผู้เรียนเผชิญกับคำถามทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ลักษณะกิจกรรมของระบบที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เผชิญกับคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ ออกแบบและวางแผน ตั้งคำถามวิจัย วัตถุประสงค์การวิจัย สมมติฐาน ออกแบบขั้นตอนการสืบสอบและเทคนิคการเลือกข้อมูล โดยตั้งอยู่บนคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ที่ผู้เรียนกำลังเผชิญอยู่ด้วยตนเองได้ ผ่านเทคโนโลยีไฮเพอร์ลิงค์ วิดีโอ หรือหน้าต่างป๊อปอัพ (Pop Up)

3.2 ผู้เรียนให้ความสำคัญกับหลักฐานหรือประจักษ์พยานของคำถามที่ตั้งขึ้น หมายถึง ลักษณะกิจกรรมของระบบที่เกิดโอกาสให้ผู้เรียนได้พิจารณาข้อค้นพบที่ได้จากการสืบสอบโดยอ้างอิงจากประจักษ์พยาน ผ่านการแสดงผลการทดลองด้วยกราฟ หรือตารางแสดงข้อมูลผลการทดลอง

3.3 ผู้เรียนสร้างคำอธิบายจากข้อมูลและหลักฐานที่มี หมายถึง ลักษณะกิจกรรมของระบบที่เกิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สร้างคำอธิบายโดยใช้ประจักษ์พยานที่ได้ ตีความด้วยมุมมองของทฤษฎีที่หลากหลาย พร้อมทั้งออกแบบวิธีการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นที่อาจส่งผลต่อความน่าเชื่อถือของประจักษ์พยานที่ได้

3.4 ผู้เรียนใช้คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีสารสนเทศหรือเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ และการคิดเชิงคำนวน หมายถึง ลักษณะกิจกรรมของระบบที่เกิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ใช้คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีสารสนเทศหรือเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ และการคิดเชิงคำนวน ซึ่งครอบคลุมปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ทุกรูปแบบ ทั้งด้วยการคำนวนด้วยมือเปล่า ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป หรือเขียนอัลกอรึทึม ในการวิเคราะห์ประจักษ์พยาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.5 ผู้เรียนเชื่อมโยงองค์ความรู้ที่ได้สู่องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ลักษณะกิจกรรมของระบบที่เกิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เชื่อมโยงองค์ความรู้ที่ได้สู่องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์และตีความข้อมูล เขียนข้อสรุปและให้เหตุผลซึ่งผ่านการตรวจสอบอย่างถี่ถ้วน

3.6 ผู้เรียนสื่อสารและประเมินองค์ความรู้อย่างมีเหตุผล หมายถึง ลักษณะกิจกรรมของระบบที่เกิดโอกาสให้ผู้เรียนมีโอกาสได้สื่อสารและประเมินองค์ความรู้อย่างมีเหตุผล ตีความข้อสรุป นำแสดงต่อชุมชนเพื่อการสื่อสาร ยอมรับข้อค้นพบ และเพื่อการไตร่ตรองอย่างละเอียดจากผู้อื่น

4. กลยุทธ์การโต้แย้ง (Argument Strategy) หมายถึง ความสามารถของระบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนใช้วิธีการ ขั้นตอน หรือ แบบจำลองของการให้เหตุผลเพื่อสร้างข้อสรุปที่ซับซ้อนที่ไม่ได้มาจากการยอมรับในบทนิยาม หรือคำบรรยายและมาตรฐาน

หนึ่งเท่านั้น แต่เป็นการประสานระหว่างประจักษ์พยานเข้ากับทฤษฎี ซึ่งสนับสนุนหรือโต้แย้งข้อสรุปแบบจำลอง หรือการพยากรณ์นั้นๆ ตลอดจนสร้างและเปรียบเทียบข้อโต้แย้ง ซึ่งข้อโต้แย้งเป็นตัวแทนของชุดเหตุผลที่จะทำให้เชื่อในความจริงที่ปรากฏได้ ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอน ดังนี้

4.1 ยกประเด็นที่อีกฝ่ายนำเสนอ มาเป็นประเด็นตั้งต้น หมายถึง ความสามารถของระบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ ยกประเด็นที่อีกฝ่ายนำเสนอมาเป็นประเด็นตั้งต้นจากนั้นใช้คำว่า “แต่” เพื่อนำไปสู่การแสดงข้อคิดเห็นที่ขัดแย้งเพื่อโต้กลับ ซึ่งวัดได้จากแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยประเด็นสอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจที่มีต่อกิจกรรมในลักษณะนี้

4.2 ให้ข้อมูล หรือชี้ประเด็นสำคัญที่อีกฝ่ายไม่ได้กล่าวถึง หมายถึง ความสามารถของระบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ให้ข้อมูล หรือชี้ประเด็นสำคัญที่อีกฝ่ายไม่ได้กล่าวถึงในขณะสร้างข้อโต้แย้ง ซึ่งวัดได้จากแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยประเด็นสอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจที่มีต่อกิจกรรมในลักษณะนี้

4.3 ให้หลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่ได้ให้ข้อมูลไป หมายถึง ความสามารถของระบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ให้หลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่ได้ให้ข้อมูลไปกับฝ่ายตรงข้ามในระหว่างสร้างข้อโต้แย้ง ซึ่งวัดได้จากแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยประเด็นสอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจที่มีต่อกิจกรรมในลักษณะนี้

4.4 ระบุความขัดแย้งของข้อโต้แย้ง หมายถึง ความสามารถของระบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ระบุความขัดแย้งของข้อโต้แย้งที่กำลังเป็นประเด็นในระหว่างการสร้างข้อโต้แย้ง ซึ่งวัดได้จากแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยประเด็นสอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจที่มีต่อกิจกรรมในลักษณะนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.5 ประเมินการยอมรับได้ของแต่ละข้อโต้แย้ง หมายถึง ความสามารถของระบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ประเมินการยอมรับได้ของแต่ละข้อโต้แย้งในระหว่างสร้างข้อโต้แย้ง ซึ่งวัดได้จากแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยประเด็นสอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจที่มีต่อกิจกรรมในลักษณะนี้

4.6 ลงข้อสรุปเพื่อนำเสนอเหตุและผลที่ใช้ในการกล่าวอ้าง หมายถึง ความสามารถของระบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงข้อสรุปเพื่อนำเสนอเหตุและผลที่ใช้ในการกล่าวอ้าง โดยนำเสนอให้เห็นถึงประเด็นที่อีกฝ่ายนำเสนอ ข้อเสนอของตนที่ไม่ขัดแย้ง

และหลักฐานที่ใช้ในการตีโต้กลับ ซึ่งวัดได้จากแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยประเด็นสอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจที่มีต่อกิจกรรมในลักษณะนี้

5. การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific Reasoning) หมายถึง การคิดที่มุ่งไปสู่การพิสูจน์ และตัดสินด้วยเหตุและผลที่เกิดขึ้นเชิงวิทยาศาสตร์ โดยใช้กระบวนการอนุมาน การพยากรณ์ การสร้างสมมติฐาน การวางแผนการทดสอบด้วยวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์เชื่อถือได้ การทดสอบสมติฐานหรือปรากฏการณ์อย่างมีเหตุผล การประเมินประจักษ์พยาน การลงความเห็นและเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีกับหลักฐานเชิงประจักษ์ ซึ่งต้องอาศัยทักษะย่อยที่จำเป็น ซึ่งประกอบไปด้วย 4 ความสามารถย่อย ดังนี้

5.1 ความสามารถในการตั้งสมมติฐาน (Hypothesizing Ability) หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการ ระบุสาเหตุของปัญหา พยากรณ์อิทธิพลของตัวแปรอิสระที่จะส่งผลต่อตัวแปรตาม ซึ่งสามารถพิสูจน์ได้ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทฤษฎีหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ เลือก และอธิบายสมมติฐานทางเลือกด้วยทฤษฎีหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งวัดได้จากแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

5.2 ความสามารถในการควบคุมและออกแบบการทดลอง (Controlling and Designing Experimentation Ability) หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการแก้ปัญหาเพื่อนำไปสู่การได้มาซึ่งข้อสรุป ระบุวิธีการสำรวจตรวจสอบข้อเท็จจริงที่นำไปสู่การลงข้อสรุป ออกแบบการทดลอง โดยควบคุมตัวแปรอื่นๆ ใช้ทักษะการสังเกตรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย และใช้ระเบียบวิธีทางวิทยาศาสตร์ดั้งเดิมหรือวิธีการที่สร้างขึ้นใหม่ ซึ่งวัดได้จากแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.3 ความสามารถในการประเมินประจักษ์พยาน (Evidence Evaluating Ability) หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการระบุข้อสรุปของสถานการณ์โดยใช้ ข้อมูล หลักฐานข้อเท็จจริง และหลักฐานเชิงประจักษ์ อย่างสมเหตุสมผล และใช้ตรรกะในการกล่าวอ้างหรือตีความเพื่อลงข้อสรุป ซึ่งวัดได้จากแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

5.4 การใช้องค์ความรู้ที่เกี่ยวกับความจริง (Using of Epistemic Knowledge Ability) หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนที่ในการระบุเหตุผลของการกระทำโดยใช้ทฤษฎีหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์สนับสนุน ระบุสาเหตุของการเข้าถึง และเข้าใจในปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น

6. การสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ (Computational modeling) หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการใช้วิธีการสืบเสาะหาความรู้โดยอาศัยกระบวนการสร้างแบบจำลองโดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือในการสร้าง และใช้คณิตศาสตร์ ฟิสิกส์ และวิทยาการคอมพิวเตอร์ในการศึกษาพฤติกรรมของระบบ แบ่งออกเป็นความสามารถย่อยได้ 3 ความสามารถย่อย ดังนี้

6.1 ความสามารถในการสร้างแบบจำลอง หมายถึง ความรู้และทักษะของผู้เรียนในการสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้วิธีการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการพิสูจน์ หรืออธิบายปรากฏการณ์ วัดได้จากแบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

6.2 ความสามารถในการทดสอบแบบจำลอง หมายถึง ความรู้และทักษะของผู้เรียนในการใช้กระบวนการพิสูจน์ความสามารถของแบบจำลองที่ตนเองสร้างขึ้นก่อนนำไปใช้

6.3 ความสามารถในการศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรเชิงพหุ หมายถึง ความรู้และทักษะของผู้เรียนในการใช้กระบวนการศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ได้จากแบบจำลอง

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1. ความจริงเสมือน (Virtual Reality) หมายถึง แอปพลิเคชันที่แสดงสถานการณ์จำลองของสภาพแวดล้อมจริง หรือ สิ่งแทนความจริงในรูป 3 มิติ ของมโนทัศน์เชิงนามธรรม ผ่านมุมมองบุคคลที่ 1 ที่ถูกสร้างขึ้นจากเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ที่ซึ่งผู้ใช้สามารถที่จะมีปฏิสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมจำลองนั้นได้แบบเวลาจริง โดยใช้อุปกรณ์ควบคุมที่หลากหลายและแสดงผลผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์

2. สถานการณ์จำลอง (Simulation) หมายถึง โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีการจำลองสถานการณ์โดยใช้แบบจำลองของระบบธรรมชาติ หรือ สิ่งทีมนุษย์สร้างขึ้น เช่น เครื่องมือหรือกระบวนการต่าง ๆ ให้มีลักษณะคล้ายคลึงกับความจริง และผู้เรียนสามารถจัดการกับค่าต่าง ๆ ของตัวแปรและได้รับผลของการจัดกระทำนั้นทันท่วงที เกิดการเรียนรู้และมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาเหตุการณ์นั้น

3. คุณลักษณะสำคัญของการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ (Essential Features of Scientific inquiry) หมายถึง ลักษณะของกิจกรรมในแอปพลิเคชันที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนอาศัยระเบียบวิธีการสืบสอบที่หลากหลายที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการแสวงหาองค์ความรู้ มีวงจรของกระบวนการที่เริ่มจากการตั้งคำถาม การสืบสอบ และการประเมินประจักษ์พยาน หรือตอบคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ และเป็นวิธีการที่สังคมวิทยาศาสตร์สร้างและติดตามการปฏิบัติงานของวิชาชีพวิทยาศาสตร์ ซึ่งรวมไป

ถึง องค์ความรู้ที่เชื่อมั่นได้จากรายงาน การป้องกัน การพินิจพิเคราะห์ และการยืนยันข้อกล่าวอ้างเชิงวิทยาศาสตร์ และการตระหนักรู้ถึงปฏิสัมพันธ์ที่ซับซ้อนระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม และเกี่ยวข้องกับความสามารถในการควบคุมตนเองอย่างตื่นตัวในการค้นหาองค์ความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ประกอบไปด้วย 6 ลักษณะสำคัญ

4. กลยุทธ์การโต้แย้ง (Argument Strategy) หมายถึง ความสามารถของระบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนใช้วิธีการ ขั้นตอน หรือ แบบจำลองของการให้เหตุผลเพื่อสร้างข้อสรุปที่ซับซ้อนที่ไม่ได้มาจากการยอมรับในบทนิยาม หรือคำบรรยายและมาตรฐานหนึ่งเท่านั้น แต่เป็นการประสานระหว่างประจักษ์พยานเข้ากับทฤษฎี ซึ่งสนับสนุนหรือโต้แย้งข้อสรุปแบบจำลอง หรือการพยากรณ์นั้นๆ ตลอดจนสร้างและเปรียบเทียบข้อโต้แย้ง ซึ่งข้อโต้แย้งเป็นตัวแทนของชุดเหตุผลที่จะทำให้เชื่อในความจริงที่ปรากฏได้

5. การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific Reasoning) หมายถึง การคิดที่มุ่งไปสู่การพิสูจน์ และตัดสินด้วยเหตุและผลที่เกิดขึ้นเชิงวิทยาศาสตร์ โดยใช้กระบวนการอนุมาน การพยากรณ์ การสร้างสมมติฐาน การวางแผนการทดสอบด้วยวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์เชื่อถือได้ การทดสอบสมติฐานหรือปรากฏการณ์อย่างมีเหตุผล การประเมินประจักษ์พยาน การลงความเห็นและเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีกับหลักฐานเชิงประจักษ์ ซึ่งต้องอาศัยทักษะย่อยที่จำเป็น

6. การสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ (Computational modeling)

การสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการใช้วิธีการสืบเสาะหาความรู้โดยอาศัยกระบวนการสร้างแบบจำลองโดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือในการสร้างและใช้คณิตศาสตร์ ฟิสิกส์ และวิทยาการคอมพิวเตอร์ ในการศึกษาพฤติกรรมของระบบ

7. สถานการณ์จำลองเสมือนจริง (Virtual Reality Simulation)

สถานการณ์จำลองเสมือนจริง หมายถึง โปรแกรมที่ใช้สนับสนุนการเรียนรู้ที่สามารถแสดงสถานการณ์จำลองของสภาพแวดล้อมจริงหรือสิ่งแทนความจริงในรูปแบบ 3 มิติ ของระบบในธรรมชาติ หรือสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น ผ่านมุมมองบุคคลที่ 1 ที่ถูกสร้างขึ้นจากเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ โดยผู้ใช้สามารถมีปฏิสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมได้แบบเวลาจริงใช้วิธีการควบคุมที่หลากหลาย จัดการกับค่าตัวแปรและได้รับผลของการจัดกระทำนั้นอย่างทันท่วง เกิดการเรียนรู้และมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาสถานการณ์นั้น และแสดงผลผ่านจอคอมพิวเตอร์

8. การสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง (Argument-Based Inquiry) หมายถึง กิจกรรมการเรียนรู้ในโปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ใช้การสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์และการโต้แย้ง ในการทำความเข้าใจ และแสวงหาองค์ความรู้

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. รูปแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์โดยการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

2. โมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์โดยการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

3. แนวทางในการพัฒนารูปแบบการออกแบบการเรียนการสอนโดยใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริง สำหรับผู้เรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นเพื่อพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

4. ได้ทราบถึงอิทธิพลของรูปแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ ที่สามารถส่งเสริมให้เกิดพัฒนาการของความสามารถในการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ และความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่องโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเด็นต่างๆ ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ความจริงเสมือน

ตอนที่ 2 สถานการณ์จำลอง

ตอนที่ 3 การสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์

ตอนที่ 4 กลยุทธ์การโต้แย้ง

ตอนที่ 5 การสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์

ตอนที่ 6 การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ตอนที่ 1 ความจริงเสมือน

Sherman and Craig (2003) ได้รวบรวมประวัติความเป็นมาของความจริงเสมือนไว้ตั้งแต่ยุคเริ่มต้นว่า ในปี 1916 เริ่มมีการประยุกต์ใช้กล้องตาเรือ (Periscope) ติดเข้ากับหมวกเป็นครั้งแรก จากนั้นในปี 1929 เริ่มมีเทคโนโลยีด้านจอภาพที่ทันสมัยมากยิ่งขึ้นทำให้เริ่มมีการฝึกอบรมนักบินด้วยสถานการณ์จำลองเป็นครั้งแรก จากนั้นในปี 1956 Morton Heilig ได้ประดิษฐ์หน้าจอแบบหลายจอภาพได้สำเร็จซึ่งในยุคนั้นเรียกว่า Sensorama ต่อมาในปี 1960 Morton Heilig ร่วมกับกระทรวงกลาโหมสหรัฐอเมริกาพัฒนาการฝึกทางทหารด้วยอุปกรณ์ที่สามารถจำลองการเข้าโจมตีที่มีฟังก์ชันความรู้สึกทั้งด้านการได้ยินและกลิ่นควบคู่ไปกับการมองเห็นได้ จากนั้นในปี 1963 นักศึกษาปริญญาเอกแห่ง MIT ชื่อ Ivan Sutherland สามารถคิดค้นคอมพิวเตอร์ที่ช่วยในงานกราฟิกได้ครั้งแรกชื่อโปรแกรม Sketchpad ซึ่งใช้อุปกรณ์ที่ดูเหมือนปากกาในการป้อนคำสั่งเลือกและวาดภาพได้ ในปี 1964 บริษัท GM เริ่มพัฒนาโครงการ DAC (Design Augmented by Computer) System ในการพัฒนางานออกแบบนวัตกรรม

ในปี 1967 จากงานของต้นแบบ Ivan Sutherland ที่มหาวิทยาลัย North Carolina นักวิจัยชื่อ Fred Brook เริ่มโครงการ GROPE ที่มุ่งศึกษาการใช้ปฏิสัมพันธ์โดยการเคลื่อนไหวเป็นเครื่องมือให้กับนักชีวเคมีในการมีปฏิสัมพันธ์กับโมเลกุลของโปรตีน จากนั้นในปี 1968 บริษัท Evans and Sutherland ได้ประดิษฐ์จอภาพ 3 มิติ ติดศรีษะ (Head – mounted Three –

Dimensional display) ซึ่งเป็นจอภาพชนิด CRT (cathode ray tube) คล้ายจอทีวีในยุคแรกๆ ได้สำเร็จปี 1981 บริษัท Silicon Graphic ที่ก่อตั้งโดยศาสตราจารย์จากมหาวิทยาลัย Standford ได้ผลิตระบบที่ใช้ในการสร้างความจริงเสมือนขึ้นซึ่งต่อมาในปี 1986 กองทัพอากาศสหรัฐอเมริกาเริ่มใช้ความจริงเสมือนแบบจอภาพติดบนหมวกกันนอกของนักบินในการฝึกอบรมการบินยิงจรวจนำวิถี ในขณะเดียวกันที่มหาวิทยาลัย MIT ที่วิจัยได้เริ่มโครงการที่จะพัฒนาโลกเสมือนผสานโลกจริง (Augmented reality) ที่ใช้ในงานวาดภาพ แสดงภาพเชิงสถาปัตยกรรม และโมเดลของชิพคอมพิวเตอร์ขึ้น โดยอุปกรร์ในยุคนั้นใช้กระจกกึ่งโลหะในการช่วยแสดงผลผสานโลกจริง ต่อมาในปี 1987 Jim Humphries หัวหน้าวิศวกรของโรงการ NASA VIEW project ได้ออกแบบอุปกรณ์ต้นแบบที่ชื่อว่า BOOM เริ่มพัฒนาจอภาพ ติดศรีษะ (Head – mounted display) ขึ้นใช้ซึ่งหลังจากนั้นมีผู้ผลิตนำไปผลิตขายในเชิงพาณิชในปี 1990 โดยบริษัท Fakespace จากนั้นในปี 1988 ทีมนักวิจัยจาก NASA ยังได้พัฒนาระบบความจริงเสมือนขึ้นในด้านเสียงที่ทำให้รับความรู้สึกของเสียงได้ใน 3 มิติขึ้น ในปี 1990 บริษัท W-Industries ได้เปิดระบบสถานที่จำลองเสมือนจริงขึ้น ซึ่งยังต้องอาศัยอุปกรณ์ของภาพติดศรีษะและอุปกรณ์ที่ต้องใช้มือจับในการเล่นขึ้น โดยเกมแรกที่สร้างเป็นเกมยิงกันระหว่างผู้เล่น 2 คน ชื่อเกมว่า Dactyl Nightmare จากนั้นในปี 1993 เปลี่ยนชื่อบริษัทเป็นบริษัท Virtuality Group นับแต่นั้นมาเทคโนโลยีความจริงเสมือนได้แผ่ขยายวงกว้างไปยังงานด้านบันเทิงโดยเฉพาะอย่างยิ่งในสถานบันเทิงดังๆ เช่น ดิสนีย์เวิลด์ ที่มีการใช้เทคโนโลยีนี้เป็นจุดขาย และในระยะต่อมามีผู้ผลิตเกมส์ เช่น เซก้า และนินเทนโด ได้นำเทคโนโลยีความจริงเสมือนมาใช้ในเกมต่างๆ แทนของเดิม ในขณะที่บริษัทต่างๆ ได้พัฒนาโดยความจริงเสมือนเพื่องานบันเทิงก็มีนักวิจัยจำนวนไม่น้อยที่ให้ความสนใจศึกษาพัฒนาเทคโนโลยีนี้ เช่น ด้านวิศวกรรม วิทยาศาสตร์การแพทย์ และการฝึกอบรม และผลการศึกษาค้นคว้าของสภาบันหลายแห่งทั่วโลกทำให้เกิดองค์ความรู้ใหม่เกี่ยวกับความจริงเสมือนอย่างต่อเนื่อง และประกอบกับในปัจจุบันได้มีการพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับสร้างความจริงเสมือนราคาถูกขึ้นมา โดยลดความซับซ้อนของการเขียนโปรแกรมลง ดังนั้นเทคโนโลยีความจริงเสมือนจึงเป็นที่นิยมนำมาใช้ในด้านวิทยาศาสตร์ การศึกษา การศึกษาพิพิธภัณฑ์ และอุทยาประวัติศาสตร์ มากยิ่งขึ้น (จิรชัย เขียวชอุ่ม, 2555)

ในปี 1999 มีระบบโลกเสมือนผสานโลกจริงสำหรับการออกแบบห้องสมุดขึ้นชื่อ ARToolKit ซึ่งพัฒนาโดยห้องปฏิบัติการ Human Interfaces Technology Laboratory ของมหาวิทยาลัย Washington กับ ATR Media Integration & Communication ในโตเกียวประเทศญี่ปุ่น จากนั้นความจริงเสมือนในรูปแบบต่างๆ ก็ได้ถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายจนถึงยุคปัจจุบัน

1.1 ความหมายของความจริงเสมือนบนหน้าจอ

วิทยา ธรรมาวุฒิกุล (2546) กล่าวว่า ระบบความจริงเสมือน (Virtual reality system) คือ ระบบสิ่งแวดล้อม 3 มิติ ที่ถูกสร้างขึ้นด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะทำให้ผู้ใช้รู้สึกเสมือนอยู่ในสภาพแวดล้อมจริง ผู้ใช้สามารถปรับเปลี่ยนมุมมองรวมถึงการกระทำต่อวัตถุเสมือนต่างๆ ที่ถูกสร้างขึ้นนั้น โดยที่มุมมองและวัตถุจะยังคงความเสมือนจริงอยู่ รวมถึงการใช้อุปกรณ์สร้างแรงป้อนกลับ (Force feedback) เพื่อเพิ่มความรู้สึกสมจริงให้กับระบบมากยิ่งขึ้น

สุภาภรณ์ ศรีดี (2546) กล่าวว่า ความจริงเสมือน หมายถึง การที่มนุษย์ได้สร้างโลกเสมือนจริงขึ้นด้วยเทคโนโลยีผ่านคอมพิวเตอร์และข้อมูลที่ซับซ้อนจำนวนมาก เพื่อให้การสื่อสารนั้นมีปฏิสัมพันธ์กัน (interact) เสมือนหนึ่งว่าเกิดขึ้นในโลกแห่งความเป็นจริง

Sherman and Craig (2003) กล่าวว่า ความเสมือนจริง (Virtual reality) หมายถึง สื่อกลางสำหรับการสื่อสาร ที่ต้องมีการมีส่วนร่วมเชิงกายภาพ (Physical immersion) มีการกระตุ้นความรู้สึกด้วยสิ่งเสมือนจริง (Synthetic sensory stimulation) สามารถเข้าถึงการคิดของผู้ใช้ มีปฏิสัมพันธ์กันกับผู้ใช้ และต้องมีผลป้อนกลับเชิงความรู้สึก (Sensory feedback) ด้วย ซึ่งจะมีหรือไม่มีสภาพแวดล้อมแบบร่วมมือ (Collaborative environment) ก็ได้ไม่ใช่องค์ประกอบสำคัญ และได้อธิบายเพิ่มเติมไว้ว่า

การมีส่วนร่วมเชิงกายภาพ (Physical immersion) เป็นการนำตัวเองเข้าไปอยู่ในสื่อสิ่งเร้าเสมือนส่งต่อมายังร่างกายจริง

การมีส่วนร่วมเชิงจิตใจ (Mental immersion) เป็นการที่ผู้ใช้ถูกเร้าอย่างหยั่งลึกเหมือนเข้าไปอยู่ในสถานการณ์นั้นจริงๆ

นอกจากนั้นเขายังได้นำเสนอว่า Augmented reality จัดว่าเป็นชนิดหนึ่งของ virtual reality ที่ซึ่งสิ่งเร้าเสมือนจะซ้อนทับอยู่บนวัตถุจริงบนโลกได้อีกด้วย

Loftin, Chen, and Rosenblum (2005, อ้างถึงใน Ausburn & Ausburn, 2014) กล่าวว่า ความจริงเสมือนเป็นชุดของเทคโนโลยีที่บรูณาการกันไว้ ซึ่งมีหน้าจอแสดงผลมัลติมีเดีย และมีปฏิสัมพันธ์กับสารสนเทศในเวลาจริง เปิดโอกาสให้ผู้ใช้ดำรงตัวตน นำทาง และจัดการกับสภาพแวดล้อมที่คอมพิวเตอร์สร้างไว้ให้ได้

Furht (2008) กล่าวว่า ความจริงเสมือนบนหน้าจอ (Desktop virtual reality) เป็นรูปแบบหนึ่งของความจริงเสมือนที่ใช้หน้าจอแสดงผลของคอมพิวเตอร์ในการนำเสนอแอปพลิเคชันความจริงเสมือน โดยความจริงเสมือน (Virtual reality) เป็นเทคโนโลยีที่ใช้จัดประสบการณ์ที่เกือบจะจริง และ/หรือ เชื่อถือได้ผ่านทางวิธีการที่สังเคราะห์ขึ้นหรือเสมือนจริง ซึ่งความจริงเสมือนบนหน้าจอจะใช้จอคอมพิวเตอร์เป็นตัวนำเสนอโปรแกรมต่อผสาน (Interface) กับผู้ใช้ จริงเสมือนบนหน้าจอเป็นเทคโนโลยีที่คุ้มค่าในด้านการลงทุนเมื่อเปรียบเทียบกับความจริงเสมือนแบบที่มีการจดจ่อร่างกาย (Immersive virtual reality) แบบอื่นๆ เพราะไม่ต้องการฮาร์แวร์และซอฟต์แวร์ราคาแพง และยังพัฒนาได้ง่ายอีกด้วย ถึงแม้ว่ามันจะยังขาดในเรื่องของคุณภาพของการจดจ่อร่างกาย แต่ก็สามารถชดเชยได้โดยการมีสภาพแวดล้อมที่คอมพิวเตอร์สร้างขึ้นในลักษณะ 3 มิติ ซึ่งมันช่วยพัฒนาประสบการณ์ที่ผู้ใช้ได้รับภายใต้อุปกรณ์เพียงแค่จอภาพเท่านั้น และด้วยความจริงเสมือนบนหน้าจอเป็นโลกเสมือนแบบ 3 มิติ ผู้ใช้จึงสามารถนำทางตนเองได้อย่างอิสระ

จิรชัย เขียวชอุ่ม (2555) กล่าวว่า เป็นเทคโนโลยีที่ออกแบบมาเพื่อทำให้ผู้ใช้รู้สึกว่าสภาพแวดล้อมและวัตถุมีปฏิสัมพันธ์กัน มีการเคลื่อนที่ เสมือนการมองด้วยตาปกติ มีประโยชน์สำหรับผู้ใช้และทางการศึกษาซึ่งสามารถแปลเนื้อหาที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรม ทำให้ง่ายต่อการเรียนรู้ เป็นสื่อกลางในการนำเสนอเนื้อหาสำหรับการสอน

Rebelo, Noriega, Duarte, and Soares (2012) กล่าวว่า ความจริงเสมือน เป็นช่องทางของการขนส่งผู้คนไปยังความจริง ที่ซึ่งเขาเหล้านั้นไม่ได้อยู่ในสภาพแวดล้อมทางกายภาพนั้นจริงๆ แต่รู้สึกได้ อย่างเช่น การใช้สถานการณ์จำลองในการสร้างแบบจำลองนั้นจะช่วยให้ผู้ใช้เข้าไปมีปฏิสัมพันธ์กับวัตถุ 3 มิติ ผ่านทางการมองเห็นหรือรับรู้ความรู้สึกจากสภาพแวดล้อมได้ นอกจากนี้ความจริงเสมือนยังสามารถนำผู้ใช้เข้าไปอยู่ในสภาพแวดล้อมที่คอมพิวเตอร์สร้างขึ้นโดยกระตุ้นความรู้สึกผ่านทางอุปกรณ์

Merchant et al. (2012) กล่าวว่า ความจริงเสมือนบนหน้าจอ (Desktop virtual reality) คือ สถานการณ์จำลองของสภาพแวดล้อมจริง หรือ สิ่งแทนในรูป 3 มิติ ของมโนทัศน์เชิงนามธรรม (Abstract concept) ที่ถูกสร้างขึ้นจากเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ที่ซึ่งผู้ใช้มีความสามารถที่จะมีปฏิสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมจำลองนั้นได้แบบเวลาจริงโดยใช้อุปกรณ์ควบคุมที่หลากหลาย ผู้ใช้สามารถใช้งานแอปพลิเคชันความจริงเสมือนบนหน้าจอบนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่มีความละเอียดในการแสดงผลในระดับสูง และใช้เมาส์ในการนำทาง

Whisker and The Pennsylvania State University (2008) ความจริงเสมือนบนหน้าจอ หมายถึงภาพ 2.5 มิติ ที่ถูกนำเสนอในแบบมุมมองบุคคลที่ 1 บนจอภาพ โดยปราศจากการจดจ่อร่างกาย

Dodd and Antonenko (2012) กล่าวว่า ความจริงเสมือนบนหน้าจอ เป็นสื่อที่มีการจดจ่อร่างกายและสามารถส่งถ่ายโดยใช้อินเตอร์เน็ตและต้องการอุปกรณ์คำนวนเพียงแค่เกรดที่มีขายตามท้องตลาดที่ให้ความสนใจกับเมาส์ จอยสติ๊ก หรือช่องว่างเซนเซอร์บอล เพื่อใช้ในการนำทางผ่านสภาพแวดล้อม 3 มิติ บนหน้าจอกราฟฟิกภายใต้การควบคุมโดยใช้คอมพิวเตอร์ โดยความจริงเสมือนบนหน้าจอจะเปิดโอกาสให้ผู้สอนได้นำเสนอสิ่งแทนที่มีความสมจริงและผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับการจัดการวัตถุต่างๆ ในสภาพแวดล้อมนั้นซึ่งความจริงเสมือนบนหน้าจอสามารถใช้เป็นกลยุทธ์สำหรับการพัฒนาสมรรถนะของผู้เรียนได้เป็นอย่างดีในสภาพแวดล้อม ตัวเสมือน อย่างเช่น นิสิตแพทย์สามารถตรวจสอบห้องทำงานเสมือนและสำรวจเครื่องมือและอุปกรณ์ก่อนการฝึกซ้อมจริง หรือนิสิตอาชีวอนามัยและความปลอดภัยในโรงงานอุตสาหกรรมสามารถที่จะเข้าสำรวจบริเวณก่อสร้างเสมือนและระบุความน่าจะเป็นของการฝ่าฝืนความปลอดภัย หรือครูฝึกสอนสามารถรับประสบการณ์ด้านสภาพแวดล้อมในห้องเรียนที่แตกต่างกันได้ และสร้างการตัดสินใจเกี่ยวกับลักษณะห้องเรียนที่อาจส่งผลกระทบต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนได้

Lee and Wong (2014) กล่าวว่า ความจริงเสมือนบนหน้าจอ หมายถึง ภาพ 3 มิติ ซึ่งถูกสร้างขึ้นในสภาพแวดล้อมมัลติมีเดียแล้วแสดงผลบนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ซึ่งสามารถถูกสำรวจตรวจสอบได้โดยการใช้คีย์บอร์ด เมาส์ จอยสติ๊ก หรือหน้าจอสัมผัส หูฟัง แว่นตาชัตเตอร์ (Shutter glasses) และถุงมือข้อมูล (Data groves) ความจริงเสมือนแบบหน้าจอจะควรจะเป็นเกมส์สถาณการณ์จำลอง หรือโลกเสมือน และถึงแม้ว่าจะไม่มีการจดจ่อร่างกายแต่ความรู้สึกของการมีตัวตนในสภาพแวดล้อมก็ยังคงเกิดขึ้นได้ผ่านความแม่นยำเชิงการเป็นตัวแทนและการสร้างปฏิสัมพันธ์ของผู้ใช้มากกว่าที่จะตัดสินที่ลักษณะของสภาพแวดล้อม

โดยสรุป ความจริงเสมือน หมายถึง แอปพลิเคชันที่แสดงสถานการณ์จำลองของสภาพแวดล้อมจริง หรือ สิ่งแทนในรูป 3 มิติ ของมโนทัศน์เชิงนามธรรม ผ่านมุมมองบุคคลที่ 1 ที่ถูกสร้างขึ้นจากเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ที่ซึ่งผู้ใช้มีความสามารถที่จะมีปฏิสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมจำลองนั้นได้แบบเวลาจริงโดยใช้อุปกรณ์ควบคุมที่หลากหลายและแสดงผลด้วยหน้าจอคอมพิวเตอร์

1.2 ประเภทของความจริงเสมือน

วิทยา ธรรมาวุฒิกุล (2546) จำแนกระบบความจริงเสมือนออกเป็น 3 ระบบ ดังนี้

1) ระบบความจริงเสมือนแบบจดจ่อร่างกาย (Immersive VR system)

ระบบความจริงสมือนที่จำกัดให้ผู้ใช้อยู่ในสภาพแวดล้อมเสมือนที่ถูกสร้างขึ้นทั้งหมด ความสมจริงของระบบจะขึ้นอยู่กับการแสดงภาพที่สมจริง เช่น การแสดงภาพแบบสเตอริโอสโคปิค (Sterioscopic) การปรับเปลี่ยนภาพกราฟฟิกไปตามมุมมองของผู้ใช้ และการแสดงผลที่ทันเหตุการณ์ (Real time)

อุปกรณ์สำคัญที่ใช้ในระบบความจริงเสมือนแบบจดจ่อร่างกาย ได้แก่

1. อุปกรณ์แสดงผล และติดตามการเคลื่อนไหวของศรีษะ (Head – Mount Display, HMD)
2. ถุงมือป้อนข้อมูล (Data glove)
3. อุปกรณ์ติดตามการเคลื่อนไหว (Motion tracking)

2) ระบบความจริงเสมือนแบบไม่จดจ่อร่างกาย (Non – immersive VR system)

เป็นระบบความจริงเสมือนที่สภาพแวดล้อมเสมือนถูกจำกัดในขอบเขตหนึ่งเท่านั้น เช่น ภาพสามมิติ สภาพแวดล้อมที่แสดงบนจอคอมพิวเตอร์

อุปกรณ์สำคัญที่ใช้ในระบบความจริงเสมือนแบบไม่จดจ่อร่างกาย ได้แก่

1. แว่นชัตเตอร์ (Shuttering glass)
2. ก้านควบคุม (Joystick)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3) ระบบความจริงเสมือนแบบผสมผสาน (Hybrid or Argument VR system)

ระบบความจริงเสมือนที่ทำงานร่วมกับวัตถุ หรือระบบจริง โดยมีการฉายภาพหรือการมองภาพเสมือนควบคู่ไปกับภาพจริง ซึ่งจะถูกนำไปใช้ในลักษณะการฝึกหัดหรือแนะนำการปฏิบัติในทางการแพทย์ โดยสารสร้างภสพเสมือนควบคู่กับภาพจริงอาศัยอุปกรณ์ Video See – Through Head – Mounted Display

สุภาภรณ์ ศรีดี (2546) กล่าวว่า Virtual Reality หรือ Virtual World อาจแบ่งได้หลายระดับ ขึ้นอยู่กับเครื่องมือ การใช้และปฏิสัมพันธ์ที่มนุษย์มีต่อสิ่งที่เกิดขึ้นใน Virtual Reality โดยทั่วไปแบ่งได้ดังนี้

1) Window on World Systems
2) Video Mapping
3) Immersive Systems
4) Telepresence
5) Mix Reality

Burdea and Coiffet (2003, อ้างถึงใน Rebelo et al., 2012) จำแนกความจริงเสมือนออกเป็น 3 ชนิดตามลักษณะของการจดจ่อร่างกายของผู้ใช้ ดังนี้

1) ความจริงเสมือนแบบจดจ่อร่างกาย (Fully immersive virtual reality) เช่น การใช้จอภาพแบบติดศรีษะ (HMDs)

2) ความจริงเสมือนแบบกึ่งจดจ่อร่างกาย (Semi-immersive virtual reality) เช่น การใช้จอโปรเจคเตอร์ขนาดใหญ่

3) ความจริงเสมือนแบบไม่จดจ่อร่างกาย (Non immersive virtual reality) เช่น การใช้จอคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ

Lee and Wong (2014) กล่าวว่า ความจริงเสมือนถูกแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่ ความจริงเสมือนแบบมีการจดจ่อร่างกาย (Immersive VR) และความจริงเสมือนแบบไม่จดจ่อร่างกาย (Non – immersive VR) และเนื่องจากความก้าวล้ำของเทคโนโลยีในปัจจุบันนี้ทำให้ระบบความจริงเสมือนสามารถทำงานได้ผ่านอุปกรณ์ราคาถูกอย่าง เช่น คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลซึ่งเรียกระบบนี้ว่า ความจริงเสมือนบนหน้าจอ (Desktop VR)

โดยสรุป ความจริงเสมือน สามารถถูกจำแนกได้เป็น 3 ชนิด ตามลักษณะการจดจ่อร่างกาย ได้แก่ ความจริงเสมือนแบบจดจ่อร่างกายความจริงเสมือนแบบกึ่งจดจ่อร่างกาย และความจริงเสมือนแบบไม่จดจ่อร่างกาย ซึ่งความจริงเสมือนบนหน้าจอจัดว่าเป็นความจริงเสมือนแบบไม่จดจ่อร่างกาย ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้เน้นศึกษากับความจริงเสมือนแบบไม่จดจ่อร่างกายเป็นสื่อที่ใช้ในการเรียนรู้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.3 องค์ประกอบของความจริงเสมือน

สุภาภรณ์ ศรีดี (2546) กล่าวว่า การจะทำให้เกิดความจริงเสมือนได้นั้น อย่างน้อยๆ ต้องมีองค์ประกอบ 3 ข้อ ได้แก่

1) ลักษณะของการมีปฏิสัมพันธ์ (Interactive) ต้องมีการโต้ตอบกันได้ มีการสื่อสารเป็นแบบ 2 ทางได้

2) ลักษณะของการกระตุ้น (Simulate) ต้องมีการใช้ปราสาทสัมผัสทั้ง 5 (อาจจะไม่ต้องครบก็ได้ แต่อย่างน้อย มีการใช้ตา หู ปาก และการสัมผัส ส่วนรส กับกลิ่น กำลังพัฒนาอยู่ว่าจะออกมาในรูปแบบใด)

3) การใช้คอมพิวเตอร์สร้างขึ้น (Computer Generate) ต้องมีการใช้คอมพิวเตอร์ในการควบคุมการสื่อสารนั้น

Sherman and Craig (2003) กล่าวว่า องค์ประกอบของความจริงเสมือนมี 5 องค์ประกอบดังนี้

1) การเป็นสื่อของการสื่อสาร (Medium of communication)

2) การจัดให้มีส่วนร่วมเชิงกายภาพ (Physical immersion)

3) การจัดให้มีการกระตุ้นความรู้สึกด้วยสิ่งเสมือนจริง (Synthetic sensory stimulation)

4) การให้ผลป้อนกลับเชิงความรู้สึก (Sensory feedback)

5) การมีปฏิสัมพันธ์ (Interaction)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Burdea and Coiffet (2003) กล่าวว่า องค์ประกอบที่สำคัญของระบบความจริงเสมือนได้แก่

1) เครื่องมือความจริงเสมือน (VR Engine)

2) อุปกรณ์นำเข้า และส่งออก (I/O Devices)

3) โปรแกรมและฐานข้อมูล (Software and databases)

4) ผู้ใช้ (User)

5) ภาระ (Task)

นอกจากนี้การที่จะเชื่อมั่นได้ว่าระบบความจริงเสมือนจะทำงานให้เกิดปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้ได้จริงนั้น ผู้ออกแบบยังจะต้องคำนึงถึงองค์ประกอบดังต่อไปนี้ (Burdea and Coiffet, 2003, อ้างถึงใน Rebelo et al., 2012)

1) การฝังตัวของผู้ใช้ (Immersion)

การฝังตัวของผู้ใช้ หมายถึง การสร้างความรู้สึกให้กับผู้ใช้ว่าได้อยู่ในสถาณการณ์นั้นจริงๆ ซึ่งสามารถแบ่งระดับของการฝังตัวออกได้เป็น 3 ระดับ ตามการติดตั้งของอุปกร์ในเชิงกายภาพและการรับรู้ของผู้ใช้ ได้แก่

1.1) ความจริงเสมือนแบบฝังตัว (Fully immersive virtual reality) เช่น การใช้จอภาพแบบติดศรีษะ (HMDs)

1.2) ความจริงเสมือนแบบกึ่งฝังตัว (Semi-immersive virtual reality) เช่น การใช้จอโปรเจคเตอร์ขนาดใหญ่

1.3) ความจริงเสมือนแบบไม่ฝังตัว (Non immersive virtual reality) เช่น การใช้จอคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ

2) จินตนาการ (Imagination)

จินตนาการ หมายถึง ความสามรถของผู้ใช้ในการเชื่อมโยงสิ่งที่เกี่ยวข้องแต่ไม่มีอยู่จริงได้

3) ปฏิสัมพันธ์ (Interaction หรือ interactivity)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปฏิสัมพันธ์ หมายถึง การสื่อสารและเชื่อโยงระหว่างผู้ใช้กับระบบความจริงเสมือน ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้รับข้อมูลจากผู้ใช้นั้นจะส่งข้อมูลไปประมวลผลในระบบเสมือนจริงจากนั้นก็แสดงผลออกมาอย่างทันท่วงที

4) การรู้สึกได้ว่ามีอยู่ (Presence)

การรู้สึกได้ว่ามีอยู่ หมายถึง การที่ผู้ใช้สารถรับรู้ได้ถึงปฏิสัมพันธ์ที่เกิดและได้รับจาก ภาพ เสียง หรือสิ่งเร้าอื่นๆ กล่าวคือ เป็นประสบการณ์ที่ได้รับจากความจริงเสมือนไม่ใช่ความรู้สึกว่าเข้าไปอยู่ในสภาพแวดล้อมเชิงกายภาพนั้นจริงๆ

Ai-Lim Lee, Wong, and Fung (2010) กล่าวว่า ลักษณะของความจริงเสมือนบนหน้าจอที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสามารถส่งผลกระทบทางอ้อมผ่านตัวแปรส่งผ่านทางประสบการด้านการมีปฏิสัมพันธ์ (interaction) เช่น ความสามารถในการใช้งานได้ (Useability) และประสบการณ์ทางการเรียนรู้ (Learning experience) เช่น ประสบการณ์ของผู้เรียนที่ได้รับในขณะอยู่ในพื้นที่จำลองของสื่อนั้น ซึ่งปัจจัยที่จะส่งผลต่อประสบการณ์ของผู้เรียนนั้นมาจากความเป็นจริง (Realism) ของวัตถุ หรือ การเล่าเรื่องในสภาพแวดล้อมเสมือนนั้น และการควบคุมปัจจัย ซึ่งรวมถึงความสามารถที่ผู้เรียนจะสามารถควบคุมการกระทำของตนเองได้ ซึ่งได้แบ่งหน้าตาออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ ความแม่นยำเชิงการเป็นตัวแทน (Representational fidelity) และความฉับไวของการควบคุม (Immediacy of control)

1) ความแม่นยำเชิงการเป็นตัวแทน หมายถึง ระดับความสมจริงของสิ่งที่สร้างขึ้นโดยภาพ 3 มิติ และฉากเนื้อหา ความสมจริงของการเปลี่ยนแปลงภาพ การเคลื่อนไหว ของวัตถุที่ปรากฏ และความสมจริงของวัตถุเชิงการทำงานให้เหมือนจริง หรือกล่าวสั่น ๆ ได้ว่า หมายถึงความเชื่อมโยงและความต่อเนื่องของสิ่งเร้าผ่านประสบการณ์ของผู้ใช้

2) ความฉับไวในการควบคุม หมายถึง ความสามารถที่จะเปลี่ยนมุมมองหรือทิศทางที่ลื่นไหลของสภาพแวดล้อม ความสามารถที่จะหยิบจับสิ่งของ ทดสอบ และจัดการกับวัตถุต่างๆ ในโลกเสมือนนั้นได้

Merchant et al. (2012) กล่าวว่า หน้าตาของความจริงเสมือนบนหน้าจอแบบ 3 มิติ ประกอบไปด้วย 2 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ 1) ส่วนที่เป็นความแม่นยำเชิงการเป็นสิ่งแทนความจริง (Representational fidelity) และ 2) ส่วนที่เป็นปฏิสัมพันธ์ของผู้เรียน (Learner’s interaction) ซึ่งอธิบายเพิ่มเติมได้ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1) ความแม่นยำเชิงการเป็นสิ่งแทนความจริง (Representational fidelity) หมายถึง หน้าจอแสดงผลที่สมจริงของสภาพแวดล้อมเสมือนซึ่งสามารถถูกเติมเต็มด้วยลักษณะทางกายภาพของสภาพแวดล้อม เช่น ภาพกราฟฟิก การเปลี่ยนมุมกล้อง และความแน่นอนของพฤติกรรมของวัตถุ เช่น ภาพที่ใช้แทนโมเลกุล 3 มิติ สร้างการรับรู้ของการมองภาพโมเลกุลจริงได้

2) ปฏิสัมพันธ์ของผู้เรียน (Learner’s interaction) หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนที่จะกำหนดสิ่งต่างๆ ที่จะเกิดขึ้นในเหตุการณ์นั้นๆ ในสภาพแวดล้อมเสมือนด้วยตัวผู้เรียนเอง ซึ่งจะช่วยให้ผุ้เรียนสามารถที่จะสำรวจ จัดการ หมุนภาพ และมองวัตถุจากมุมมองที่หลากหลาย เช่น ผู้เรียนสามารถสังเกตพันธะเคมีของโมเลกุลได้ทั้ง 360 องศา

โดยสรุป องค์ประกอบที่จำเป็นของความจริงเสมือน ได้แก่ 1) ปฏิสัมพันธ์ของผู้เรียน (Learner's interaction) 2) การฝังตัวของผู้ใช้ (Immersion) 3) การรู้สึกได้ว่ามีอยู่ (Presence) และ 4) ความแม่นยำเชิงการเป็นสิ่งแทนความจริง (Representational fidelity)

1.4 หลักการในการออกแบบความจริงเสมือน

Ausburn and Ausburn (2014) กล่าวว่า หลักการของการที่ใช้ในการออกแบบความจริงเสมือนที่ควรคำนึงถึง ได้แก่ ความถูกต้องของภาพที่ปรากฏและลักษณะทางกายภาพ (Visual and physical fidelity) การกำหนดตำแหน่ง การค้นหาเส้นทาง และการนำทาง (Orienting, wayfinding and navigating) และบรรยากาศของความเป็นจริง (Sphere of reality) ซึ่งอธิบายได้ดังนี้

1) ความถูกต้องของภาพที่ปรากฏและลักษณะทางกายภาพ (Visual and physical fidelity)

หมายถึง การที่ระบบความจริงเสมือนนั้นให้ความรู้สึกใกล้เคียงกับความจริงมากที่สุดเหมือนกับคัดลอกมา แทนนที่จะคำนึงเพียงแต่ความละเอียดของภาพ ความต่อเนื่องในการซูมและหันหน้ากล้อง การสร้างภาพพานอรามา หรือแม้แต่เวลาที่ใช้ในการตอบสนอง

2) การกำหนดตำแหน่ง การค้นหาเส้นทางและการนำทาง (Orienting, wayfinding and navigating)

เนื่องจากผู้เรียนจะต้องเรียนรู้ผ่านระบบด้วยตนเองดังนั้นการที่มีระบบนำทางที่ไม่มีคุณภาพอาจส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความสับสน ไม่จูงใจได้ง่าย ซึ่งอธิบายได้ดังนี้

2.1) การระบุตำแหน่ง หมายถึง การที่เราทราบว่ามีชองว่างอยู่รอบตัวเรา ซึ่งรวมไปถึงการรู้ตำแหน่งของวัตถุต่างๆ รอบตัวด้วย (Hunt and Waller, 1999 อ้างถึงใน Ausburn and Ausburn, 2014)

2.2) การค้นหาเส้นทางและการนำทาง หมายถึง ความสามารถทางการคิดและความสามารถเชิงพฤติกรรมของแต่ละบุคคล ที่จะติดตามตำแหน่งปัจจุบันและปลายทางของตนเองเพื่อนำไปสู่การนำทางของตนเองได้ ซึ่งการกรค้นหาเส้นทางและการนำทางนั้นมีส่วนเกี่ยวเนื่องกันอย่างใกล้ชิด ซึ่งมันเป็นการที่ผู้คนสามารถหาสารสนเทศเพื่อนำไปสู่การปฏิบัติได้ และยังเป็นการที่ผู้คนมีความสามารถในการทำความเข้าใจและสร้างมโนทัศน์เกี่ยวกับตำแหน่งของตนกับสภาพแวดล้อมรอบตัว (Darken & Peterson, 2002 อ้างถึงใน Ausburn and Ausburn, 2014)

3) บรรยากาศของความเป็นจริง (Sphere of reality)

การที่ผู้เรียนจะสามารถเข้าใจเกี่ยวกับความถูกต้องของภาพที่ปรากฏและลักษณะทางกายภาพ การกำหนดตำแหน่ง การค้นหาเส้นทาง และการนำทาง ได้ดีนั้นสิ่งแรกที่จะต้องมีคือความรู้สึกว่าสิ่งรอบตัวนั้นเป็นเรื่องจริง ซึ่งบางครั้งดูเหมือนจะเป็นข้อจำกัดของความจริงเสมือนบนหน้าจอ ดังนั้นการออกแบบจึงต้องสร้างความเป็นจริงด้วยการที่ให้ผู้เรียนได้เข้าไปอยู่ในสภาพแวดล้อมนั้น อาจเป็นการมองภาพได้ 360 องศา ทั้งในแนวตั้งและแนวนอน

1.5 เครื่องมือที่ใช้สร้างความจริงเสมือนบนหน้าจอ

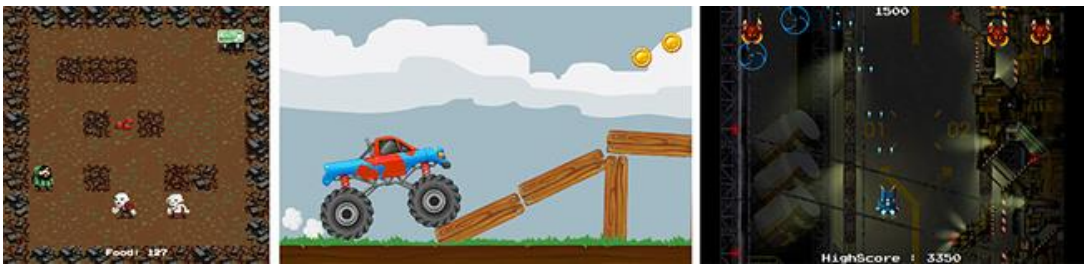
โปรแกรม Unity เป็นโปรแกรมสำหรับช่วยสร้างความบันเทิงแบบมีปฏิสัมพันธ์หรือประสบการณ์สื่อได้เท่าที่ผู้ใช้จะคิดได้ ซึ่ง Unity มีจุดเด่น ดังนี้ (Unity Technologies, 2019)

1) สามารถสร้างสภาพแวดล้อมได้ทั้ง 2 มิติ และ 3 มิติ

Unity เป็นโปรแกรมที่เหมาะสมที่จะสร้างเกมส์ทั้ง 2 มิติ และ 3 มิติ ซึ่งผู้สร้างเกมส์จะต้องกำหนดตั้งแต่เริ่มต้นว่าจะสร้างเกมส์แบบใด และต้องรู้ว่าข้อจำกัดของแต่ละโหมดเป็นอย่างไร ซึ่งมีให้เลือกถึง 5 โหมด ได้แก่ Full 3D, Orthographic 3D, Full 2D, 2D gameplay with 3D graphics และ 2D gameplay and graphic with a perspective camera ดังภาพที่ 2 - 6

ภาพที่ 2 ตัวอย่างสภาพแวดล้อมแบบ Full 3D (ดัดแปลงจาก Unity Technologies (2019))

ภาพที่ 3 ตัวอย่างสภาพแวดล้อมแบบ Orthographic 3D
(ดัดแปลงจาก Unity Technologies (2019))



ภาพที่ 4 ตัวอย่างสภาพแวดล้อมแบบ Full 2D (ดัดแปลงจาก Unity Technologies (2019))

ภาพที่ 5 ตัวอย่างสภาพแวดล้อมแบบ 2D gameplay with 3D graphics (ดัดแปลงจาก Unity Technologies (2019))

ภาพที่ 6 ตัวอย่างสภาพแวดล้อมแบบ 2D gameplay and graphics, with a perspective camera (ดัดแปลงจาก Unity Technologies (2019))

2) สามารถซื้อวัตถุต่างๆ ที่ใช้ในสภาพแวดล้อมได้อย่างง่ายดาย

Unity เปิดโอกาสให้ผู้สร้างเกมส์ได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบสภาพแวดล้อมได้ตามจินตนาการโดยการสร้างและเลือกใช้วัตถุจากร้านค้าของบริษัทได้

2.1) วัตถุที่ผู้ใช้สร้างเอง

ผู้ใช้สามารถสร้างวัตถุต่างๆ ได้ด้วยรูปทรงเลขาคณิตพื้นฐาน เช่น ทรงลูกบาศก์ ทรงกลม แคปซูล ทรงกระบอก และแผ่นพื้นผิว

2.2) วัตถุจากร้านค้าของบริษัท

สำหรับผู้ใช้ที่ไม่ต้องการสร้างวัตถุเป็นใหม่ บริษัทมีบริการเสริมให้เลือกซื้อวัตถุเพื่อใช้ในการสร้างสรรค์เกมส์ได้ ดังภาพที่ 7

ภาพที่ 7 หน้าเว็บไซต์สำหรับเลือกซื้อวัตถุเพื่อใช้ในงานสร้างเกมส์
(ดัดแปลงจาก Unity Technologies (2019))

3) ไม่ต้องเขียนสคลิปพฤติกรรมเชิงฟิสิกส์ของวัตถุด้วยตนเอง

Unity อำนวยความสะดวกให้กับผู้สร้างเกมส์โดยไม่ต้องเขียนคำสั่งที่แสดงถึงพฤติกรรมเชิงฟิสิกส์ของวัตถุ เช่น พฤติกรรมการชน แรงโน้มถ่วง และแรง ซึ่งจะช่วยให้ผู้สร้างเกมส์สามารถสร้างภาพแวดล้อมที่เสมือนจริงได้อย่างแม่นยำและรวดเร็วยิ่งขึ้น

3.1) ฟังก์ชั่นวัตถุแข็งเกร็ง (Rigid body)

เป็นฟังก์ชันที่กำหนดให้วัตถุที่มีรูปทรงแน่นอน ระยะห่างระหว่างจุดต่างๆ บนวัตถุคงตัว และวัตถุไม่เปลี่ยนแปลงรูปร่างเมื่อเคลื่อนที่หรือมีแรงกระทำ

3.2) ฟังก์ชั่นการชน (Collider)

เป็นฟังก์ชันที่กำหนดให้วัตถุที่มีรูปทรงแน่นอน มีพฤติกรรมการชนเป็นไปตามหลักโมเมนตัมและการชน

3.3) ฟังก์ชั่นรวม (Joint)

เป็นฟังก์ชั่นที่ใช้กำหนดให้วัตถุต่างๆ เชื่อมติดกันไปในขณะเคลื่อนที่

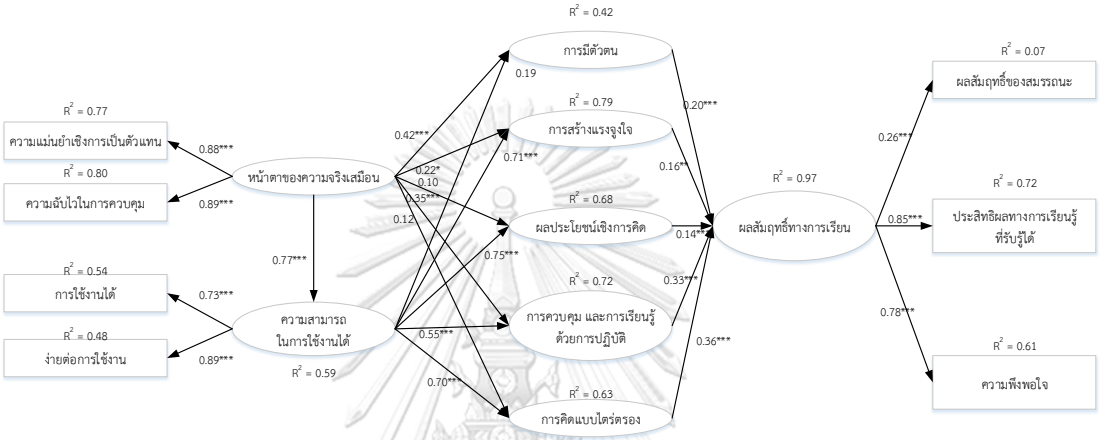
1.6 งานวิจัยเกี่ยวกับความจริงเสมือน

Zhao, Kennedy, Yukawa, Pyman, and O'Leary (2010) ศึกษาและพัฒนาสถานการณ์จำลองเสมือนจริง (Virtual reality simulation) ที่สอดแทรกการเรียนรู้แบบนำตนเอง (Self-directed learning) และมีการชี้แนะแบบอัตโนมัติเกี่ยวกับการผ่าตัดกล่องสมองของแพทย์ 20 คน เมื่อเทียบกับการอบรมแบบปกติ โดยใช้การออกแบบการทดลองแบบการลองทำแบบสุ่ม (Randomized blinded control trail) โดยลักษะของสถานการ์จำลองประกอบไปด้วยภาระกิจที่ให้ผลป้อนกลับแบบทันท่วงทีในรูปแบบภาพและวิดีโอ ผลหลังจากทดลองกลุ่มตัวอย่างต้องดำเนินการทดสอบการผ่าตัดจริง ผลปรากฏว่า กลุ่มทดลองมีผลการปฏิบัติดีกว่ากลุ่มที่ได้รับการอบรมแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และนอกจากนี้ยังพบว่ากลุ่มทดลองสามารถผ่าดัดแบบที่ลดความความเสียหายของเนื้อเยื่อได้ดีกว่ากลุ่มที่อบรมแบบปกติอีกด้วย

Chulalongkorn University

Ai-Lim Lee et al. (2010) ศึกษาว่าความจริงเสมือนบนหน้าจอช่วยพัฒนาการเรียนรู้ได้อย่างไรในเด็กนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวน 232 คน จากโรงเรียนสหศึกษา 4 โรงเรียน ที่ได้จากการสุ่มของประเทศมาเลเซีย ซึ่งกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นปีสุดท้ายของแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ เนื้อหาที่ใช้ในการทดลองเป็นปฏิบัติการชีววิทยาที่เกี่ยวกับการศึกษากายวิภาคของกบ ซึ่งโปรแกรมที่ใช้คือ V-Frog™ วิเคราะห์ผลด้วยวิธีการสร้างโมเดลสมการเชิงโครงสร้าง การศึกษานี้ต้องการชี้ให้เห็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบทางอ้อมที่ส่งผ่านทางประสบการณ์การมีปฏิสัมพันธ์และประสบการเรียนเรียนรู้ ซึ่งด้านประสบการการเรียนรู้ถูกวัดผ่านปัจจัยด้านจิตวิทยา ได้แก่ การมีตัวตน แรงจูงใน ผลประโยชน์เชิงการคิด (Cognitive benefit) การควบคุมและการเรียนรู้แบบลงมือทำ และการคิดแบบใตร่ตรอง นอกจากนี้อิทธิพลของลักษณะของผู้เรียน เช่น ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ลีลาการเรียนรู้ ยังถูกพิสูจน์อีกด้วย ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การใช้ความจริงเสมือนบน

หน้าจอสามารถช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผ่านการคิดอย่างไตร่ตรอง การควบคุมและเรียนรู้แบบลงมือทำ การมีตัวตน การสร้างแรงจูงใจ และการมีประโยชน์เชิงการคิด ตามลำดับขนาดของความสัมพันธ์ ซึ่งการคิดอย่างไตร่ตรอง และผลประโยชน์เชิงการคิดประโยชน์เชิงการคิด ได้รับอิทธิพลมาจากความสามารถในการใช้งานของความจริงเสมือน การควบคุมและการเรียนรู้ด้วยแบบลงมือและการสร้างแรงจูง ได้รับอิทธิพลมาจากความสามารถในการใช้งานมากกว่าหน้าตาของความจริงเสมือน และการมีตัวตนได้รับอิทธิพลมาจากหน้าตาของความจริงเสมือนเท่านั้นแสดงดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 โมเดลเชิงโครงสร้างอิทธิพลของความจริงเสมือนที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Ai-Lim Lee et al., 2010)

Rebelo et al. (2012) วิจัยเพื่อหาความจริงว่าความจริงเสมือนมีประโยชน์ต่อประสบการณ์ของผู้ใช้ได้อย่างไร โดยการประเมินประสบการณ์ของผู้ใช้ในแง่ของข้อจำกัดและข้อเสียเปรียบของการใช้ ในด้านอุปกรณ์และการประยุกต์ใช้ และมุ่งศึกษาว่าจะเอาชนะข้อจำกัดในการประเมินประสบการณ์ผู้ใช้นั้นได้อย่างไร ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าผู้ใช้จะได้ประโยชน์จากการใช้เทคโนโลยีเสมือนจริงได้ ในแง่ของการนำไปใช้ในงานวิจัย เช่น การประเมินความคาดหวังของผู้ใช้ที่มีวิถีการดำเนินชีวิตแตกต่างกัน หรือแม้แต่ในงานที่ศึกษาเกี่ยวกับปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับผลิตภัณฑ์บางอย่าง เช่น การประเมินอารมร่วมของผู้ใช้เมื่อได้พบเจอผลิตภัณฑ์ในครั้งแรก เป็นต้น

Merchant et al. (2012) ศึกษาอิทธิพลของสภาพแวดล้อมแบบความจริงเสมือน 3 มิติบนหน้าจอ (3D Desktop virtual reality environment) ที่มีต่อลักษณะของผู้เรียน อันได้แก่ ตัวแปรด้านการรับรู้ (ทักษะด้านมิติสัมพันธ์ และความสามารถในการใช้มิติสัมพันธ์) และด้านกายภาพ (ความสามารถในตนเอง และการมีตัวตนอยู่) ที่สามารถช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์รายวิชาเคมีเบื้องต้นได้ โดยใช้การวิเคราะห์วิธีการสร้างโมเดลสมการโครงสร้าง (Structural equation modeling

approach) ผลการวิเคราะห์พบว่าความสามารถในการใช้มิติสัมพันธ์มีความสัมพันธ์ในระดับสูงกับหน้าตาของความจริงเสมือน ทักษะด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial orientation) การรู้ความสามารถในตนเอง (Self - efficacy) และการมีตัวตนอยู่ (Presence) นอกจากนี้ยังพบว่าทักษะด้านมิติสัมพันธ์ และการรู้ความสามารถในตนเอง ส่งอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาเคมีในเชิงบวก ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการสอนโดยใช้ความจริงเสมือน 3 มิติเป็นฐาน (3D Virtual reality – based instruction) นั้นมีประสิทธิผลในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาเคมีพื้นฐานได้ นอกจากนี้ผลการวิจัยยังชี้บอกเป็นนัยถึงการพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และผลสัมฤทธิ์วิทยาศาสตร์ได้ด้วยความจริงเสมือนได้อีกด้วย

Dodd and Antonenko (2012) ศึกษาวรรณกรรมที่ช่วยระบุบทบาทของการให้สัญญาณในระบบบริหารการเรียนการสอนที่สอดแทรกเทคโนโลยีความจริงเสมือนโดยแยกการชี้แนะออกจากการให้สัญญาณ เนื่องจากมีหน้าที่ที่แตกต่างกัน ผลการวิจัยเอกสารทำให้ได้โมเดลสำหรับการบูรณาการเทคโนโลยีความจริงเสมือนบนหน้าจอเข้ากับระบบบริหารการเรียนการสอน ดังภาพที่ 9

ภาพที่ 9 โมเดลสำหรับการบูรณาการเทคโนโลยีความจริงเสมือนบนหน้าจอเข้ากับระบบบริหารการเรียนการสอน (Dodd & Antonenko, 2012)

Sun, Sonka, and Beichel (2013) พยายามศึกษาผลการใช้ส่วนต่อผสานผู้ใช้ความจริงเสมือนบนหน้าจอแบบผสมผสาน (Hybrid desktop/virtual reality) ที่มีต่อสมรรถนะด้านการผ่าตัดแยกส่วนของปอด โดยทดลองกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน ทดสอบใช้งานกับปอด 8 ชิ้น ซึ่งระบบจะแสดงความผิดพลาดให้เห็นหลังจากลงมือปฏิบัติผ่าตัดแยกส่วน ผลการวิจัยพบว่ากลุ่มตัวอย่างมีสมรรถนะสูงขึ้นในแง่ของการลดความผิดพลาดของการผ่าตัดลงได้ และพบว่าความเร็วของการมีปฏิสัมพันธ์นั้นเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อมุมมองในการยอมรับหรือปฏิเสธวิธีการนี้

Merchant, Goetz, Cifuentes, Keeney-Kennicutt, and Davis (2014) ได้สังเคราะห์งานวิจัยได้เพื่อพิสูจน์ประสิทธิผลของเทคโนโลยีความจริงเสมือนบนหน้าจอในบริบทการศึกษาขั้นพื้นฐานและในระดับอุดมศึกษา และเพื่อระบุหลักการออกแบบการเรียนการสอนที่สำคัญของการสอนโดยใช้เทคโนโลยีความจริงเสมือนที่จะส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของบทความวิจัยเชิงทดลอง หรือกึ่งทดลอง และใช้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นตัววัดประสิทธิภาพของการสอนที่ใช้ความจริงเสมือนเป็นฐาน ระเบียบวิธีที่ใช้ในการวิจัยดำเนินตามขั้นตอนของ Glass, McGaw, and Smith (1981) ที่มีวิธีการดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้ 1) เลือกงานวิจัย 2) สร้างรหัสลักษณะเฉพาะของวิจัย 3) คำนวนขนาดอิทธิพลของแต่ละงานวิจัย 4) ตรวจสอบอิทธิพลตัวแปรกำกับ (moderating effect) ของแต่ละลักษณะเฉพาะของงานวิจัย โดยแหล่งที่มาของข้อมูลมาจาก 6 ช่องทาง ได้แก่ ฐานข้อมูล วารสารทางด้านเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษาที่มีชื่อเสียง Google scholar ค้นต่อจากการอ้างอิงของบทความ รายการอ้างอิง และนักเทคโนโลยีความจริงเสมือน ผลการวิจัยพบว่าทั้งเกมส์ สถานการณ์จำลอง และโลกเสมือน มีประสิทธิภาพในการเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และพบว่าเกมส์ช่วยเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้มากกว่าสถานการณ์จำลอง และโลกเสมือน ซึ่งสำหรับงานวิจัยที่ใช้สถานการณ์จำลองแล้วนั้นการให้ผลย้อนกลับที่เหมาะสมที่สุดคือคำอธิบายการสืบเสาะเมื่อต้องผู้เรียนต้องเผชิญกับภาระเชิงความจริง สมรรถนะของผู้เรียนสามารถเพิ่มขึ้นได้ถ้าเรียนแบบเดี่ยวมากกว่าเรียนเป็นกลุ่ม และยังพบว่าในโลกเสมือนนั้นถ้าผู้เรียนถูกประเมินซ้ำ ๆ จะยิ่งทำให้การเพิ่มขึ้นของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนลดลง

Lee and Wong (2014) วิจัยเพื่อพิสูจน์ประสิทธิผลทางการเรียนรู้ของสภาพแวดล้อมทางการเรียนรู้ที่ใช้ความจริงเสมือนบนหน้าจอเป็นฐาน และเพื่อที่จะตรวจสอบอิทธิพลของสภาพแวดล้อมทางการเรียนรู้ที่ใช้ความจริงเสมือนบนหน้าจอเป็นฐานที่มีต่อผู้เรียนที่มีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์แตกต่างกันในรายวิชาชีววิทยา โดยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ถูกวัดผ่านสมรรนะทางวิชาการ แบบแผนการวิจัยแบบกึ่งทดลองที่สอบก่อนและหลังถูกนำมาใช้ในการศึกษากับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวน 431 คน จาก 4 โรงเรียน ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าผู้เรียนที่เรียนด้วยความจริงเสมือนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากว่ากลุ่มที่เรียนปกติ สิ่งหนึ่งที่สามารถอธิบายได้ชัดเจนยิ่งขึ้นคือการใช้ความจริงเสมือนบนหน้าจอนั้นช่วยลดภาระการคิดภายนอกได้ทั้งยังเร้าผู้เรียนให้เรียนรู้อย่างตื่นตัว ผู้เรียนที่มีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำเมื่อเรียนด้วยความจริงเสมือนแล้วมีผลสัมฤทธิ์สูงกว่ากลุ่มที่เรียนแบบปกติ แต่ไม่พบความแตกต่างในกลุ่มผู้เรียนที่มีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับความจริงเสมือนแบบหน้าจอ สรุปได้ว่า ความจริงเสมือนสามารถใช่ส่งเสริมการความสามรถและการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างหลากหลาย เช่น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการปฏิบัติ เป็นต้น ซึ่งในงานวิจัยบางเรื่องยังได้นำเสนอว่า ความจริงเสมือนเป็นสื่อที่ส่งเสริมการเรียนรู้ให้กับนักเรียนที่มีมิติสัมพันธ์ต่อได้ดีอีกด้วย ยิ่งไปกว่านั้นหากให้ผู้เรียนทดสอบบ่อยในบทเรียนบนความจริงเสมือนผู้เรียนจะมีแนวโน้มผลสัมฤทธิ์ลดลงได้ และความล่าช้าของการแสดงผลมีผลโดยตรงต่อการจะยอมรับหรือปฏิเสธการเรียนผ่านความจริงเสมือนอีกด้วย

ตอนที่ 2 สถานการณ์จำลอง

Fanning and Gaba (2007) ได้รวบรวมความเป็นมาของสถานการณ์จำลองไว้อย่างน่าสนใจ ว่าสถานการณ์จำลองเป็นที่รู้จักกันว่าเป็นนวัตกรรมวิธีการสอนหนึ่งที่ได้รับความนิยมสูงที่สุดในแวดวงการศึกษาของวิทยาศาสตร์สุขภาพในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา การเรียนการสอนแบบสถานการณ์จำลองได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการศึกษาการทำงานในส่วนต่างๆ ของร่างกายตั้งแต่เรื่องที่ไม่ซับซ้อนไปจนถึงเรื่องที่มีความซับซ้อนและสมจริงมากๆ การเรียนการสอนโดยใช้สถานการณ์จำลองถูกเริ่มนำมาใช้ครั้งแรกในการฝึกอบรมของอุตสาหกรรมการบินเมื่อประมาณ 80 ปีที่แล้ว (1929) โดย Ed Link ได้พัฒนาสถานการณ์จำลองเพื่อใช้ในการฝึกอบรมนักบินเป็นครั้งแรก และในปัจจุบันก็ได้แพร่กระจายไปยังสาขาวิชาอื่นๆ อีกด้วยที่นอกเหนืออุตสาหกรรมการบิน โดยทั่วไปแล้วเรามักจะเจอการเรียนการสอนแบบสถานการณ์จำลองในการศึกษาของผู้ใหญ่เพื่อเรียนรู้เกี่ยวกับวิชาชีพ ซึ่งการเรียนรู้ของผู้ใหญ่นั้นมีความท้าทายมากกว่าที่พบเห็นได้ในประชากรของผู้เรียน ผู้ใหญ่สามารถอยู่อย่างสมบูรณ์สุขได้ด้วยชุดของประสบการณ์และกรอบของข้อสันนิษฐานขององค์ความรู้ (Knowledge assumption) และความรู้สึกซึ่งติดฝังแน่นอยู่กับลักษณะส่วนบุคคลและแบบรูปความสัมพันธ์ ซึ่งขับเคลื่อนพฤติกรรมของพวกเขา ผู้เรียนวัยผู้ใหญ่จะมีความสามารถในการควบคุมตนเองได้มากขึ้นไปพร้อมวัย พวกเขาชอบที่จะเรียนรู้ด้วยปัญหาเป็นศูนย์กลางและมีความหมายสำหรับสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน และเรียนรู้ได้ดีที่สุดเมื่อพวกเขาสามารถที่จะประยุกต์ใช้ได้ทันที ทัศนคติของพวกเขาที่มีต่อโอกาสของการเรียนรู้ที่เฉพาะจะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น แรงจูงใจของพวกเขาที่จะพยายามฝึกฝน ไม่ว่ามัจะมาจากความตั้งใจหรือไม่ก็ตาม และไม่ว่าจะเกี่ยวข้องกับการได้รับใบประกาศหรือไม่ก็ตาม วิธีการสอนแบบธรรมดาที่ใช้โมเดลการสื่อสารเป็นฐาน เช่น การที่ผู้สอนบอกข้อเท็จจริงให้ทราบด้วยวิธีการทางอ้อม นั้นไม่ค่อยที่จะมีประสิทธิภาพมากนักในการเรียนรู้ของผู้ใหญ่ ครึ่งชีวิตขององค์ความรู้วิชาชีพสามรถเพิ่มขึ้นได้ผ่านการศึกษาในระบบ

ประมาน 2 – 2.5 ปี ซึ่งต้องประกอบไปด้วยองค์ความรู้ที่เป็นแก่นและชดของทักษะ เช่น การช่วยเหลือเกี่ยวกับหัวใจต้องใช้เวลาเรียนรู้ 6 – 12 เดือน

ช่วงเวลาของการฝึกอบรมด้วยสถานการจำลองเพิ่มโอกาสให้ผู้เรียนได้ใช้วงจรของประสบการณ์ในวิธีการที่ถูกกำหนดโครงสร้าง และช่วยประสานองค์ประกอบเชิงประสบการณ์ของกิจกรรมสถานการณ์จำลองด้วยตัวของมันเองด้วยการวิเคราะห์ ไตร่ตรอง จุดประสงค์ของประสบการณ์นั้นอย่างเป็นลำดับขั้น สถานการณ์จำลองช่วยเพิ่มโอกาสในการสร้างประสบการณ์ของการฝึกปฏิบัติในวิธีการที่ควบคุมได้ ซึ่งสามารถถูกสะท้อนผ่านกิจกรรมสันทนาการ การเรียนรู้เกี่ยวกับประสบการณ์นั้นเหมาะสมกับการเรียนรู้เชิงวิชาชีพที่ซึ่งการบูรณาการระหว่างทฤษฎีและการปฏิบัติจะสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องกันไปเรื่อยๆ ในการเรียนรู้เชิงประสบการณ์นั้นประสบการณ์จะถูกใช้เป็นวัตถุดิบหลักของการเรียนรู้ แต่ไม่ใช่จะใช้แค่เพียงสิ่งเดียวเท่านั้น จะต้องมีการใช้การคิดและการลงมือทำประกอบกันไปด้วยซึ่งจะต้องเกี่ยวเนื่องสัมพันธ์กับสิ่งที่อยู่ในจิตใจของผู้เรียนอีกด้วย ดังนั้นการเรียนการสอนแบบสถานการณ์จำลองจึงมีที่มาจากการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ที่ผู้เรียนจะต้องได้รับองค์ความรู้ควบคู่ไปกับการปฏิบัติ

2.1 ความหมายของสถานการณ์จำลอง (Simulation)

Guetzkow, Kotler, and Schultz (1972) กล่าวว่า สถานการ์จำลอง หมายถึง การปฏิบัติการที่ใช้แบบจำลองหรือกระบวนการต่างๆ ให้คล้ายคลึงกับสภาพที่เป็นจริง โดยฝึกให้ผู้อยู่ในสถานการณ์ได้ฝึกปฏิบัติ และแก้ปัญหาต่างๆ ด้วยตนเอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Regeiut and Schwartz (1989, อ้างถึง อัญชนา กลิ่นเทียน, 2553) กล่าวว่า สถานการณ์จำลองเป็นการจำลองสถานการณ์ที่นักเรียนสามารถนำเอาความสามารถที่มีอยู่มาใช้กับกระบวนการหรือการประยุกต์หลักการ ภายใต้สถานการณ์เงื่อนไขที่เป็นจริง โดยเฉพะการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์จะช่วยให้เกิดปฏิสัมพันธ์กับนักเรียน ช่วยให้นักเรียนมีความชำนาญและเชี่ยวชาญในกระบวนการ และการใช้ทักษะกระบวนการคิดขั้นสูงได้

Alessi and Trollip (2001) กล่าวว่า สถานการณ์จำลองในการเรียนการสอนเป็นวิธีการเลียนแบบหรือสร้างสถานการณ์ เพื่อทดแทนสภาพจริงในชีวิตประจำวันเพื่อการเรียนรู้ในชั้นเรียน เป็นการจูงใจให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ โดยเข้าไปมีส่วนร่วมเกี่ยวข้อง เช่น การควบคุมเหตุการณ์ การตัดสินใจ การโต้ตอบกับสิ่งทีเกิดขึ้นในสถานการณ์จำลองได้ โดยที่ในชีวิตจริงผู้เรียนอาจไม่สามารถแสดงปฏิกิริยาในสิ่งที่เป็นจริงได้ สถานการณ์จำลองจะลดความยุ่งยากซับซ้อนของเหตุการณ์

จริง เช่น ลดรายละเอียด ลดโอกาสที่จะเกิดขึ้น เป็นต้น ในสถานการณ์จำลองผู้เรียนต้องแก้ไขปัญหาโดยการเรียนรู้ขั้นตอนกระบวนการด้วยตนเอง จนเกิดความเข้าใจคุณลักษณะต่างๆ รวมทั้งการเรียนรู้วิธีการควบคุมเหตุการณ์และจะต้องเรียนรู้การปฏิบัติในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน การใช้สถานการณ์จำลองมักมุ่งหมายเพื่อช่วยให้นักเรียนได้สร้างรูปแบบการตอบสนองที่เป็นประโยชน์กับเหตุการณ์จริงของโลก เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทดสอบเหตุการณ์ต่างๆ อย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ

ดวงธิดา รักษาแก้ว (2552) กล่าวว่า สถานการ์จำลองเป็นการสมมติเหตุการณ์เพื่อเลียนแบบให้มีลักษณะคล้ายคลึงกับความจริง เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาเหตุการณ์นั้น

อัญชนา กลิ่นเทียน (2553) กล่าวว่า เป็นกระบวนการที่ผู้สอนใช้ช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด โดยให้นักเรียนลงไปเล่นในสถานการณ์ที่มีบทบาท ข้อมูล และกติกาการเล่นที่สะท้อนความเป็นจริง และมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งต่างๆ ที่อยู่นสถานการณ์นั้น โดยจะลอกเลียนแบบสถานการณ์จริงให้มากที่สุด ให้นักเรียนได้กระทำ เพื่อฝึกการแก้ปัญหาและตัดสินใจจากสภาพการณ์ที่เขากำลังเผชิญอยู่นั้นราวกับเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นกับตัวเขาเองโดยตรง และนักเรียนยังมีโอกาสทรายว่าความคิดเห็นของเขานั้นเป็นอย่างไร ถูกต้อง แตกต่าง หรือเหมือนกับเพื่อนอย่างไร จากการอภิปรายร่วมกับเพื่อนและผู้สอน

de Jong and van Joolingen (1998, อ้างถึงใน Rutten, van Joolingen, & van der Veen, 2012) กล่าวว่า สถานการณ์จำลองในคอมพิวเตอร์ หมายถึง โปรแกรมที่มีแบบจำลองของระบบธรรมชาติ หรือ สิ่งทีมนุษย์สร้างขึ้น เช่น เครื่องมือ หรือกระบวนการต่างๆ

King (2012) กล่าวว่า สถานการณ์จำลองเป็นขั้นตอนอะไรก็ได้ที่สามารถถูกใช้สร้างรูปแบบกระบวนการโดยไม่ต้องกระทำจริง

Landriscina (2013) กล่าวว่า สถานการณ์จำลอง หมายถึง การจำลองแบบของมุมมองความเป็นจริงที่ถูกสังเกตุและเป็นไปได้ ซึ่งไม่ใช่แต่เพียงการจำลองแบบแล้วได้เพียงสิ่งที่เป็นอพลวัต แต่ต้องได้สิ่งที่มีลักษณะเคลื่อนไหวได้หรือมีปฏิสัมพันธ์ ตัวอย่างเช่น ปฏิสัมพันธ์ของรูปภาพมีได้ 2 ลักษณะ ได้แก่ 1) ปฏิสัมพันธ์โดยใช้ไฮเพอร์ลิงค์ และ 2) ปฏิสัมพันธ์ที่ใช้สถานการณ์จำลองเป็นฐาน เช่น การที่ผู้เรียนสามารถกดแป้นพิมพ์ คลิ๊กเมาส์ หรือสัมผัสหน้าจอ เพื่อทำให้ภาพนั้นๆ เคลื่อนไหวได้เป็นต้น ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า สถานการณ์จำลอง หมายถึงสิ่งแทนปฏิสัมพันธ์ของระบบที่กำลังถูก

ศึกษาโดยใช้แบบจำลองของระบบซึ่งเพื่อให้เกิดความชัดเจนในการสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับสถานการณ์จำลองคือการอธิบายถึงองค์ประกอบ 2 คำ ได้แก่ แบบจำลอง และระบบ

Tun, Alinier, Tang, and Kneebone (2015) กล่าวว่า สถานการณ์จำลอง หมายถึง กิจกรรมที่แทนความจริงหรือกิจกรรมที่แทนมีศักยภาพของโลกจริง ซึ่งรวมไปถึง สถานการณ์สมมติ (Hypothetical situation) ของอย่างหายนะต่างๆ และอาจรวมไปถึงการฝึกปฏิบัติทักษะ เช่น ขั้นตอนการผ่าตัดไปจนถึงฝกฝนการสื่อสารกับผู้ป่วยจำลอง

Lin, Liu, and Sweller (2015) กล่าวว่า สถานการณ์จำลองในคอมพิวเตอร์ หมายถึง โปรแกรมที่ผู้ใช้สามารถจัดการกับค่าต่างๆ ของตัวแปรและได้รับผลของการจัดกระทำนั้นทันทีภายใต้สูตรที่กำหนดเอาไว้

จากการศึกษาการให้นิยามของสถานการณ์จำลองของนักวิชาการหลายท่านผู้วิจัยจึงสังเคราะห์ความหมายของสถานการณ์จำลองไว้ว่า สถานการณ์จำลอง หมายถึง เหตุการณ์หนึ่งซึ่งไม่ใช่การสอนของครู แต่นักเรียนเป็นผู้ที่เข้าร่วมในเหตุการณ์นั้น และเป็นผู้ที่ทำให้เหตุการณ์นั้นดำเนินต่อไป มีการจำลองสถานการณ์โดยใช้แบบจำลองของระบบธรรมชาติ หรือ สิ่งทีมนุษย์สร้างขึ้น เช่น เครื่องมือ หรือกระบวนการต่าง ๆ ให้มีลักษณะคล้ายคลึงกับความจริง และผู้ใช้สามารถจัดการกับค่าต่าง ๆ ของตัวแปรและได้รับผลของการจัดกระทำนั้นทันท่วงที เกิดการเรียนรู้และมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาเหตุการณ์นั้น การใช้สถานการณ์จำลองมักมุ่งหมายเพื่อช่วยให้นักเรียนได้สร้างรูปแบบการตอบสนองที่เป็นประโยชน์กับเหตุการณ์จริงของโลก เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทดสอบเหตุการณ์ต่างๆ อย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.2 องค์ประกอบของสถานการณ์จำลอง

Aldrich (2009) กล่าวว่า องค์ประกอบของสถานการณ์จำลอง มี 3 องค์ประกอบ ได้แก่

1) การกระทำ (Action)

การกระทำ หมายถึง สิ่งต่างๆ ที่ผู้เรียนสามารถกระทำกับสิ่งนั้นๆ ได้ ซึ่งสะท้อนให้ผู้ใช้เห็นได้ผ่านโปรแกรมต่อประสาน (Interface) และผู้เรียนเข้าถึงได้โดยใช้เมาส์ คีย์บอร์ด หรืออุปกรณ์นำเข้าอื่นๆ

2) ระบบ (System)

ระบบ หมายถึง สภาพแวดล้อมของวัตถุที่ผู้เรียนสามารถเข้าไปจัดกระทำได้ ซึ่งหมายรวมถึงวัตถุอื่นๆ ที่เป็นสภาพแวดล้อมทางอ้อม เช่น อาคาร แผนที่ ชุมชน เป็นต้น

3) การให้ข้อมูลย้อนกลับและผลลัทธ์ (Feedback and result)

การให้ข้อมูลย้อนกลับและผลลัพธ์ หมายถึง การแสดงผลการกระทำต่อระบบแก่ผู้เรียน ซึ่งผลที่เกิดขึ้นนั้นต้องมาจากการกระทำผลผู้เรียน

Liu, Kinshuk, Lin, and Wang (2012) กล่าวว่า เครื่องมือสำคัญของสถานการจำลอง คือ สิ่งแทนความจริงเชิงพหุที่มีการเชื่อมโยงอย่างเป็นพลวัต (Dynamic Linked Multiple Representation หรือ DLMR) ซึ่งเครื่องมือนี้จะช่วยนำเสนอสิ่งแทนความจริงที่หลากหลายได้มากมาย เช่น กราฟ และแผนภาพ และยังเปิดโอกาสให้ผู้เรียนสังเกต การเปลี่ยนแปลงของส่งที่เป็นผลจากการจัดการกับค่าต่างๆ ได้ เช่นการให้ผู้เรียนสังเกตุกราฟที่ได้จากการกรอกค่าต่างๆ ที่ได้จากการสังเกตุอย่างทันท่วงที โดยผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ตามวิถีของตนเอง ซึ่งแตกต่างจากการเรียนรู้ด้วยมัลติมีเดีย (Multimedia learning) ที่ต้องเรียนรู้อย่างเป็นขั้นเป็นตอน และพวกเขายังได้ค้นพบว่ามีเครื่องมือ 2 ลักษณะที่ช่วยให้ผู้เรียนจัดการกับการเป็นสิ่งแทนความจริงเชิงพหุที่มีการเชื่อมโยงอย่างเป็นพลวัตได้ดีขึ้น ได้แก่

1) ตัวนำเสนอภาพ (Visualiser) เช่น ชี้แนะผู้เรียนได้ข้อความ ซึ่งไม่ได้มีผลโดยตรงต่อการทำให้ผู้เรียนได้รับมโนมติ แต่มีผลต่อการช่วยสนับสนุนให้ผู้เรียนสามารถจัดการกับ สิ่งแทนความจริงเชิงพหุที่มีการเชื่อมโยงอย่างเป็นพลวัตจนนำไปสู่การได้รับมโนมติ ซึ่งเปิดโอกาสให้ผู้เรียนอ่านหรือข้ามคู่มือกรรใช้งานไปก็ได้

2) ตัวนำเสนอด้วยเสียง (Verbaliser) เป็นตัวช่วยที่ทำให้ผู้เรียนอ่านคู่มืออย่างตั้งใจตั้งแต่ต้นจนจบ ซึ่งถือได้ว่าเป็นสิ่งที่นสำคัญเนื่องจากจะช่วยดึงดูดให้ผู้เรียนไม่ข้ามการทำความเข้าใจคู่มือการใช้งาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Clough, Olson, and Niederhauser (2013) กล่าวว่า ลักษณะสำคัญของเทคโนโลยีสถานการจำลอง คือ การแสดงหรืออธิบายถึงสิ่งใดสิ่งหนึ่งในระดับที่ยอมรับได้ (Downplay) และอาจมองข้ามประสบการณ์ตรงไปได้ในบางที ซึ่งบางครั้งอาจเกิดความลำเอียงในการใช้ที่ต้องพึงระวัง 4 ประการ ได้แก่ 1) ผู้ใช้มักคิดว่ามันเป็นเทคโนโลยีที่ตื่นตาตื่นใจสำหรับผู้ใช้ 2) มันช่วยลดความซับซ้อนและเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติจริง 3) ผลสัมฤทธิ์ที่ได้จากสถานการ์จำลองนั้นไม่มีสิ่งปนเปื้อน 4) ผู้บริหารจัดการสถารณ์จำลองมักคิดว่าสถานการจำลองจะแทนที่กิจกรรมปฏิบัติจริงได้

Landriscina (2013) กล่าวว่า สิ่งที่เป็นองค์ประกอบของลักษณะทั่วไปของสถานการณ์จำลอง ได้แก่

1) แบบจำลอง (Model) หมายถึง สิ่งแทนอย่างง่ายของความจริงหรือระบบที่ถูกจินตนาการขึ้น

2) ระบบ (System) หมายถึง ชุดขององค์ประกอบที่แตกต่างกันที่ซึ่งก่อให้เกิดผลลัพธ์ที่ไม่สามารถเกิดขึ้นได้ด้วยองค์ประกอบเดี่ยว

Foronda, Liu, and Bauman (2013) กล่าวว่า สถานการณ์จำลอง เป็นระดับย่อยหนึ่งของเทคโนโลยีทางการศึกษาที่ใช้สถานการณ์ปลายเปิดผนวกเข้ากับองค์ประกอบของการมีปฏิสัมพันธ์ ซึ่งมุมมองด้านการเป็นสถานการณ์ปลายเปิดจะเปิดโอกาสให้ผู้เรียนสร้างทางเลือกได้ในสถานการณ์จำลอง เช่น ความสมจริงของการเป็นสิ่งแทนกระบวนการต่างๆ ของโลกความจริง และมุมมองด้านการมีปฏิสัมพันธ์นั้นเกี่ยวกับเงื่อนไขที่ใช้ในสถานการณ์จำลอง

จากการศึกษาการให้ระบุลักษณะสำคัญของสถานการณ์จำลองของนักการศึกษาหลายๆ ท่าน พบว่า สถานการณ์จำลองนั้นประกอบไปด้วย 4 องค์ประกอบ ซึ่งผู้วิจัยแสดงการสังเคราะห์องค์ประกอบของสถานการณ์จำลองไว้ในตารางเป็นดังนี้

1) ปฏิสัมพันธ์ (Interaction) หมายถึง การที่ผู้ใช้สามารถจัดกระทำกับแบบจำลองใดๆ ในระบบ เพื่อให้เกิดผลลัพธ์บางอย่าง รวมถึงการที่ระบบมีการให้ข้อมูลย้อนกลับถึงผลของการกระทำนั้น

2) การให้ข้อมูลย้อนกลับและผลลัพธ์ (Feedback and result) หมายถึง การนำเสนอผลของการกระทำต่อระบบให้กับผู้เรียน ซึ่งผลที่เกิดขึ้นนั้นต้องมาจากการกระทำผลผู้เรียน

3) ระบบ (System) หมายถึง ชุดของสิ่งแทนความจริงที่มีการเชื่อมโยงอย่างเป็นพลวัต ซึ่งก่อให้เกิดเป็นสถานการณ์และสภาพแวดล้อม

4) แบบจำลอง (Model) หมายถึง สิ่งแทนคความจริงที่มีการลดรายละเอียดลงแต่อยู่ในระดับที่รับได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.3 การสอนโดยใช้สถานการณ์จำลอง

Jong, Tait, and Joolinhen (1992) กล่าวว่า การเรียนการสอนโดยใช้สถานการณ์จำลองเป็นสภาพแวดล้อมทางการเรียนรู้ซึ่งเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สัมผัสกับแบบจำลองที่สร้างขึ้น ชี้แจงและติดตามเป้าหมายทางการเรียนรู้ของผู้เรียนได้ และสนับสนุนกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนทั้งแบบอุบนัย นิรนัย หรือทั้ง 2 รูปแบบ ตลอดจนส่งเสริมให่เกิดความเข้าใจในกิจกรรมของผู้เรียนอีกด้วย

Fanning and Gaba (2007) กล่าวว่า การเรียนการสอนแบบสถานการณ์จำลองเป็นกลยุทธ์การสอนที่ต้องให้ผู้เรียนเผชิญกับกระบวนการเรียนรู้อย่างตื่นตัว ในขณะที่บทบาทของผู้สอนเป็นเพียงผู้อำนวยความสะดวกทางการเรียนรู้ของผู้เรียนเท่านั้น ผู้เรียนสามารถใช้สถานการณ์จำลองเพื่อให้ได้มาซึ่งทักษะสำคัญๆ ผ่านการลองผิดลองถูกอย่างปลอดภัย องค์ประกอบทุกอย่างของสถานการณ์จำลองเปิดโอกาสให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะต่างๆ ในขณะเดียวกันก็ได้ประยุกต์ใช้องค์ความรู้เชิงทฤษฎีในสภาพแวดล้อมที่ควบคุมได้โดยปราศจากความเสี่ยงที่อาจส่งผลกระทบจริง เช่น การเตรียมผู้เรียนสำหรับสถานการณ์เชิงคลีนิค

ทิศนา แขมณี (2551) กล่าวว่า การเรียนการสอนโดยใช้สถานการณ์จำลองเป็นกระบวนการที่ผู้สอนใช้ในการช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด โดยให้ผู้เรียนลงไปเล่นในสถานการณ์ที่มีบทบาท ข้อมูล และกติกาการเล่น ที่สะท้อนความเป็นจริง และมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งต่างๆ ที่อยู่ในสถานการณ์นั้นๆ โดยใช้ข้อมูลที่มีสภาพคล้ายกับข้อมูลในความเป็นจริงในการตัดสินใจและแก้ปัญหาต่างๆ ซึ่งการตัดสินใจนั้นจะส่งผลถึงผู้เล่นในลักษณะเดียวกันที่เกิดขึ้นในสถานการณ์จริง

Gibbon, McConkie, Seo, and Wiley (2009) กล่าวว่า การเรียนการสอนโดยใช้สถานการณ์จำลองเป็นการเรียนการสอนที่รวมทั้งแบบจำลองของระบบที่มีพลวัฒ ที่ผู้เรียนสามารถที่จะปรับเปลี่ยนแบบจำลองตรรกะที่เป็นเชิงเส้น ฟังก์ชันของการโต้แย้งในการเรียนการสอนและเป้าหมายของการเรียนการสอนที่เฉพาะเจาะจงได้ การเรียนการสอนโดยใช้สถานการณ์จำลองเป็นฐานนั้นเกือบจะเหมือนกับการเรียนการสอนเชิงประสบการณ์ (Experiential instruction) แต่ต่างกันตรงที่ SBI มีความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุหรือสภาพแวดล้อมกับผู้เรียน (Affordance) ซึ่งการเรียนการสอนเชิงประสบการณ์ไม่มีให้ ทั้งยังมีความเหมือนกับการเรียนการสอนแบบใช้ปัญหาเป็นฐานในหลายองค์ประกอบการสอนโดยตรงและการอภิปรายสามารถนำมาใช้ในการเรียนการสอนโดยใช้สถานการณ์จำลองเป็นฐานได้ดี

อัญชนา กลิ่นเทียน (2553) กล่าวว่า การเรียนการสอนโดยใช้สถานการณ์จำลองเป็นกระบวนการที่ผู้สอนใช้ในการช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัฒุประสงค์ที่กำหนด โดยให้นักเรียนลงไปเล่นในสถานการณ์ที่มีบทบาท ข้อมูล และกติกาการเล่น ที่สะท้อนความเป็นจริงและมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งต่างๆ ที่อยู่ในสถานการณ์นั้น โดยจะลอกเลียนแบบสถานการณ์จริงให้มากที่สุด ให้นักเรียนได้กระทำ เพื่อฝึกการแห้ปัญหา และตัดสินใจ จากสภาพการณ์ที่เขากำลังเผชิญอยู่นั้นราวกับเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นกับตัวเขาเองโดยตรง และนักเรียนยังมีโอกาสทราบว่าความคิดเห็นของเขานั้นเป็นอย่างไรถูกต้อง แตกต่าง หรือเหมือนกับเพื่อนอย่างไร จากการอภิปรายร่วมกับเพื่อนๆ และผู้สอน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Grosser (2014) การเรียนการสอนโดยใช้สถานการณ์จำลองมีความหมายเหมือนกับการเรียนรู้โดยใช้โมเดลเป็นฐาน (Model-based learning with system dynamics) สภาพแวดล้อมทางการเรียนรู้แบบใช้คอมพิวเตอร์เป็นฐาน (Computer-based learning environment) การเรียนรู้โดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นฐาน (Computer-based learning) สถานการณ์จำลองการบิน (Flight simulator) และสภาพแวดล้อมทางการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ (Interactive learning environment) ซึ่งหมายถึง กิจกรรมของมนุษย์ที่กำลังมีปฏิสัมพันธ์กับแบบจำลองภายนอก หรือแบบจำลองที่เป็นทางการ ซึ่งแบบจำลองภายนอกนั้นถูกใช้เป็นแหล่งอ้างอิงที่ให้โครงสร้างและการชี้นำกระบวนการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน

อรุณรัตน์ โยธินวัฒนบำรุง และคณะ (2557) กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ SBL เป็นกระบวนการที่ผู้สอนใช้ในการช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด โดยให้ผู้เรียนลงไปเล่นในสถานการณ์ที่มีบทบาท ข้อมูล และกติกาการเล่นที่สะท้อนความเป็นจริง และมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่ในสถานการณ์นั้น ๆ โดยใช้ข้อมูลที่มีสภาพคล้ายกับข้อมูลในความเป็นจริง ในการตัดสินใจและแก้ปัญหาต่าง ๆ ซึ่งการตัดสินใจนั้นจะส่งผลถึงผู้เล่นในลักษณะเดียวกันที่เกิดขึ้นในสถานการณ์จริง

จากการทบทวนวรรณกรรมจึงกล่าวได้ว่า การเรียนการสอนโดยใช้สถานการณ์จำลอง หมายถึง เป็นกลยุทธ์การสอนที่ต้องให้ผู้เรียนเผชิญกับกระบวนการเรียนรู้อย่างตื่นตัว และมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งต่างๆ ที่อยู่ในสถานการณ์นั้น ที่แบบจำลองของระบบที่มีพลวัฒ ที่ผู้เรียนสามารถที่จะปรับเปลี่ยนแบบจำลองตรรกะที่เป็นเชิงเส้น ฟังก์ชันของการโต้แย้งในการเรียนการสอน และเป้าหมายของการเรียนการสอนที่เฉพาะเจาะจงได้ มีความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุหรือสภาพแวดล้อมกับผู้เรียน (Affordance) อาจใช้การสอนโดยตรงหรือการอภิปรายร่วมด้วยได้

2.4 รูปแบบของการเรียนการสอนแบบสถานการณ์จำลอง

อรุณรัตน์ โยธินวัฒนบำรุง และคณะ (2557) กล่าวว่า การเรียนการสอนแบบสถานการณ์จำลอง มี 8 รูปแบบ ดังนี้

1. การใช้สถานการณ์เป็นหลัก (Paper based scenario) เป็นการเรียนโดยการประยุกต์การเรียนโดยใช้บทเรียนที่มีปัญหาเป็นหลัก ปัญหาที่พบ ผู้เรียนไม่ได้สนใจปัญหาที่เกิดขึ้นจริง จะมุ่งแก้ปัญหาตามบทเรียนที่มีให้จึงเหมาะเป็นบางวิชา

2. การแสดงบทบาทสมมติ (Role play) การสอนด้วยบทบาทสมมติเหมือนสถานการณ์จริง จะประกอบด้วยการที่กลุ่มผู้เรียนเขียนบทการแสดงและมอบหมายบทบาทหน้าที่ของแต่ละคน เช่น พยาบาล ผู้ป่วย และผู้เรียน 2 ใน 3 เป็นผู้สังเกตพฤติกรรม ผู้สอนต้องควบคุมห้องเรียน โดยให้ผู้เรียนทุกคนสนใจบทบาทที่เพื่อนแสดง การสอนแบบนี้เหมาะกับการสอนเทคนิคการสื่อสาร หรือสอนผู้ป่วยก่อนกลับบ้าน

3. ผู้ฝึกซ้อมภารกิจเดี่ยว (Single task trainer) เป็นการฝึกทีละวิธีการ เป็นการสอนที่ผู้สอนจะต้องปูพื้นฐานให้ผู้เรียนมีความรู้ครบถ้วนในกิจกรรมเฉพาะและมีการสาธิต และสาธิตย้อนกลับโดยการฝึกทีละวิธีการหรือกิจกรรม

4. Desk/Table top exercise การประชุมหารือเชิงปฏิบัติการ เป็นการที่ผู้เรียนได้ฝึกการแก้ปัญหาสถานการณ์ที่สำคัญของหน่วยงานหรือประเทศที่มีการสูญเสียทางเศรษฐกิจจะส่งผลต่ออัตราการเสียชีวิต

5. Manniequin based (หุ่นมนุษย์จำลอง) เป็นการสอนที่ผู้สอนให้ผู้เรียนได้ฝึกในสถานการณ์ต่างๆ กับหุ่นจำลองที่ผู้สอนได้จำลองสถานการณ์คล้ายกับผู้ป่วยจริง

6. Manniequin total immession (หุ่นมนุษย์จำลองแบบครบในทางการแพทย์) เป็นการสอนที่ผู้สอนสามารถให้ผู้เรียนได้เรียนรู้การแสดงอาการของผู้ป่วยในหลายระบบพร้อมๆ กัน

7. Environment เป็นการสอนที่จัดสิ่งแวดล้อมให้เสมือนจริง เช่น เป็นการสอนที่มีการจำลองคล้ายกันในหอผู้ป่วย ผู้ป่วยรวมหลายเชื้อชาติ หลายโรค ให้ผู้เรียนฝึกการดูแล บริหารจัดการในหอผู้ป่วย

8. Virtual reality ระบบเสมือนจริง เป็นการสอนที่ใช้ประโยชน์จากการสร้างสื่อผสมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเองหรือเป็นกลุ่มได้ โดยนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาใช้ สามารถเคลื่อนย้ายโต้ตอบในสิ่งแวดล้อมมีที่แสดงหรือดูในรายละเอียดได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.5 หลักการออกแบบการเรียนการสอนโดยใช้สถานการณ์จำลอง

Koponen and Julkunen (2015) นำเสนอหลักการออกแบบการเรียนการสอนโดยใช้สถานการณ์จำลองไว้ดังนี้

1) ผู้สอนต้องเลือกบริบทที่เกี่ยวข้องกับชุมชนวิชาชีพหรือสถานการณ์ที่สอดคล้องกับเนื้อหา และทักษะ

2) ผู้สอนต้องสร้างคำอธิบายให้กับแต่ละบทบาทในสถานการ์จำลองนั้นๆ

3) ผู้สอนต้องออกแบบสถานการณ์โดยย้ำการมีส่วนร่วมอย่างไตร่ตรอง และการเปิดโอกาสให้เกิดการมีส่วนระหว่างผู้เรียนระดับเริ่มต้นกับผู้เรียนที่ชำนาญ

4) ผู้สอนต้องคอยกระตุ้นผู้เรียนให้เรียนรู้อย่างตื่นตัวและเคร่งเครียด

5) ผู้สอนต้องตั้งคำถามเพื่อประเมินผู้เรียนโดยเน้นที่การเชื่อมโยงประสบการณ์ในสถานการณ์จำลองไปยังสถานการณ์จริงในวิชาชีพ หรือชีวิตประจำวัน

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวกับสถานการณ์จำลอง

Kühnapfel, Çakmak, and Maaß (2000) ศึกษาผลการใช้สถานการณ์จำลองแบบความจริงเสมือนในการฝึกอบรมการผ่าตัดเนื้อเยื่อด้วยกล้อง (Endoscopic surgery) ซึ่งพัฒนาบทเรียนบนซอฟแวร์ KISMET ผลการศึกษาพบว่าการใช้สถานการณ์จำลองในสภาพแวดล้อมแบบเสมือนจริงในการผ่าตัดโดยใช้กล้องให้ผลดีในเชิงความเป็นจริงต่อผู้เข้ารับการอบรม และลดความเสียหายของการผ่าตัดได้ กลุ่มผู้วิจัยยังได้นำเสนอว่าระบบความจริงเสมือนที่ใช้ต้องมีลักษณะอย่างน้อยดังนี้

1. ระบบความจริงเสมือนที่จำลองการผ่าตัดช่องท้องทั้งหมด
2. ลักษณะเชิงเรขาคณิต การเคลื่อนไหวพร้อมๆ กัน แบบ 3 มิติ แอนิเมชันที่ซับซ้อนของระบบอวัยวะภายใน
3. ระบบจำลองสภาพห้องผ่าตัด
4. ชุดข้อมูลป้อนกลับแบบสัมพันธ์เวลาจริง
5. ภาพ 3 มิติ คุณภาพสูง

Psycharis (2013) ศึกษาผลการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์แบบสถานการณ์จำลองเพื่อพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจเกี่ยวกับมโนมติ ความเชื่อเกี่ยวกับความจริง และระดับของการโต้แย้ง กับนิสิตจำนวน 50 คน บทเรียน โดยเนื้อหาของสถานการณ์จำลองเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทำการทดลองเสมือนจากนั้นร่วมอภิปรายในกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ CTSR test ของ Lawson (2000) ซึ่งใช้วัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และ MBT test ที่ใช้วัดความเข้าใจเกี่ยวกับมโนมติเรื่องกลศาสตร์ และวัดระดับของการโต้แย้งจากรายงานการทำปฏิบัติการโดยใช้เกณฑ์จำแนกระดับของ Erduran et al. (2004) และ Demircioglu and Ucar (2012) ผลการศึกษาพบว่าผู้เรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับมโนทัศน์ การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และระดับของการโต้แย้งเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้ยังพบความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และการโต้แย้ง อีกด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Zendler and Greiner (2020) ศึกษาเปรียบเทียบผลการสอนโดยการทำปฏิบัติการจริงกับการเรียนจากโปรแกรมสถานการณ์จำลองในรายวิชาเคมี พบว่า การเรียนจากโปรแกรมสถานการณ์จำลองให้ผลเท่ากับการเรียนจากการทำปฏิบัติการจริง

ตอนที่ 3 การสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์

การสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ได้กลายมาเป็นขั้นตอนหลักในการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ที่มีความสามารถแข่งขันได้ในตลาดของประเทศแคนาดา และสหรัฐอเมริกา การสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ช่วยให้ผลของการวิจัยไปสู่การสร้างเป็นผลิตภัณฑ์ หรือบริการ หรือแม้กระทั่งผลการวิจัยต่างๆ ได้ถูกนำมาปรับใช้กับธุรกรรมทางการค้ามากขึ้น (Holloway, 2015)

3.1 ความหมายการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์

National Science Teaching Association (2004) กล่าวว่า การสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์หมายถึง วิธีการที่หลากหลายที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ศึกษาโลกแห่งธรรมชาติ และเสนอคำอธิบายที่ตั้งอยู่บนประจักษ์พยานที่ได้มาจากงานของพวกเขา การสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ยัง หมายถึง กิจกรรมที่ผ่านการพัฒนาองค์ความรู้และความเข้าใจในแนวคิดวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน และความเข้าใจที่ว่านักวิทยาศาสตร์ศึกษาโลกแห่งธรรมชาติได้อย่างไร และมาตรฐานเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์เพื่อการสืบสอบของ NSES ยังรวมถึงความสามารถในการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์และความเข้าใจเกี่ยวกับการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์อีกด้วย

การสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์สะท้อนให้เห็นว่านักวิทยาศาสตร์เข้าใจโลกของธรรมชาติได้อย่างไร และผู้เรียนสามารถใช้มันได้อย่างไร ผู้เรียนสร้างปฏิสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อม ตั้งคำถามและหาหนทางที่จะหาคำตอบของคำถามนั้น ผู้เรียนเรียนรู้ที่จะควบคุมการสืบสอบและคัดเลือดประจักษ์พยาน ความเข้าใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์จะถูกพัฒนาเมื่อแนวคิดเชื่อมต่อเข้ากับประสบการณ์ในการสืบสอบ

การสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์เป็นหนทางที่ทรงพลังที่ช่วยให้ทำความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ ผู้เรียนเรียนรู้ที่จะตั้งคำถาม และใช้ประจักษ์พยานเพื่อตอบมัน ในกระบวนการเรียนรู้ของการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์แล้ว ผู้เรียนจะต้องควบคุมการสืบสอบและคัดเลือกประจักษ์พยานจากแหล่งที่หลากหลาย พัฒนาคำอธิบายจากข้อมูลที่ได้ และ สื่อสารและปกป้องข้อสรุปได้

National Science Teaching Association (2004) แนะนำให้ครูนำการสืบสอบมาใช้ในการเรียนการสอนตั้งแต่ปฐมวัยจนถึงมัธยมศึกษาตอนปลาย และเน้นย้ำว่าการใช้การสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์จะช่วยทำให้มั่นใจได้ว่าผู้เรียนพัฒนาความเข้าใจในเชิงลึกเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ได้

คำแนะนำการใช้การสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์สำหรับครู

1. ครูควรวางแผนของโปรแกรมวิทยาศาสตร์ที่ใช้การสืบสอบเป็นฐาน (Inquiry-based program) ไว้สำหรับผู้เรียนโดยการกำหนดเป้าหมายระยะสั่นและระยะยาว ที่สอดคล้องกับองค์ความรู้เชิงเนื้อหา

2. ดำเนินการตามวิธีการที่จะใช้ในการสอบวิทยาศาสตร์ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนตั้งคำถามสำรวจ และใช้ประสบการณ์ในการสร้างคำตอบเกี่ยวกับโลกของธรรมชาติ ซึ่งวงจรการเรียนรู้ (Learning approach) จัดได้ว่าเป็นหนึ่งในกลวิธีสำหรับการสำรวจและตั้งคำถามในชั้นเรียน

3. ชี้แนะและอำนวยความสะดวกให้กับการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบ โดยคัดเลือกกลวิธีการสอนที่สนับสนุนและสามารถประเมินการพัฒนาความเข้าใจและความสามารถได้

4. ออกแบบและจัดการสภาพแวดล้อมทางการเรียนรู้ ที่ให้เวลา พื้นที่ และทรัพยากรที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ผ่านการกระบวนการสืบสอบให้กับผู้เรียน

5. รับสิ่งสนับสนุนในการบริหารจัดการอย่างพอเหมาะสำหรับติดตามกระบวนการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียน ซึ่งสิ่งสนับสนุนนั้นสามารถสร้างรูปแบบของการพัฒนาวิชาชีพบนวิธีการสอนการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ เนื้อหาวิทยาศาสตร์ และธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เช่น การจัดสรรเวลาเพื่อการสืบสอบที่มีประสิทธิภาพ และความสามารถในการเข้าถึงวัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือที่จำเป็น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6. จัดประสบการวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบ ในโปรแกรมการอบรมครู การเตรียมความพร้อมครูควรรวมถึงการเรียนรู้ว่ากลยุทธการสร้างคำถามทำอย่างไร การเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถและความเข้าใจเกี่ยวกับการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ และการวิเคราะห์สื่อการเรียนการสอนที่จะสนับสนุนกระบวนการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์

เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนครูควรช่วยผู้เรียนให้ (National Science Teaching Association, 2004)

1. เรียนรู้เพื่อที่จะระบุ และถามคำถามที่เหมาะสม ซึ่งสามารถหาคำตอบได้ด้วยกระบวนการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์

2. ออกแบบและควบคุมกระบวนการสืบสอบเพื่อคัดเลือกประจักษ์พยานที่จำเป็นในการตอบคำถามที่หลากหลาย

3. ใช้อุปกรณ์และเครื่องมือที่เหมาะสมในการตีความและวิเคราะห์ข้อมูล

4. เรียนรู้เกี่ยวกับวิธีการสร้างข้อสรุปและคิดอย่างมีวิจารณญาณและตรรกะเพื่อที่จะสร้างคำอธิบายที่ตั้งอยู่บนประจักษ์พยาน

5. สื่อสารและป้องกันผลการสืบสอบต่อผู้วิพากษ์และบุคคลอื่นๆ

เพื่อส่งเสริมความเข้าใจเกี่ยวกับการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน ครูควรช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเกี่ยวกับ

1. ศาสตร์ที่เกี่ยวเนื่องกับการตั้งคำถามเกี่ยวกับโลกจากนั้นพัฒนาการสืบสอบเพื่อตอบคำถามนั้น

2. ไม่มีขั้นตอนที่ตายตัวในการสืบสอบอย่างวิทยาศาสตร์ คำถามที่ต่างกันจะใช้วิธีการหาคำตอบที่ต่างกันไปด้วย

3. การสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์เป็นใจกลางของการเรียนรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และสะท้อนว่าคำตอบของวิทยาศาสตร์นั้นๆ ได้มาอย่างไร

4. การได้มาซึ่งข้อมูลเชิงประจักษ์ต้องมาจากการการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ที่เหมาะสมนั้นเป็นเรื่องความสำคัญ

5. ประจักษ์พยานที่ได้มานั้นสามารถเปลี่ยนการรับรู้เกี่ยวกับโลกและเพิ่มองค์ความรู้ของพวกเขาได้

6. การเป็นคนขี้สงสัยในงานจองตนเองและงานของคนอื่นเป็นเรื่องที่สำคัญ

7. สังคมวิทยาศาสตร์มองหาคำอธิบายที่ตั้งอยู่บนความเป็นตรรกะ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Yeh, Jen, and Hsu (2012) กล่าวว่า การสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์เกี่ยวเนื่องกับความสามารถที่หลากหลายของนักวิทยาศาสตร์ที่ใช้เพื่อสืบสอบโลกธรรมชาติ

Hershkovitz, de Baker, Gobert, Wixon, and Pedro (2013) กล่าวว่า การสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง การสำรวจตรวจสอบ และเกี่ยวข้องกับความสามารถในการควบคุมตนเองอย่างตื่นตัวในการค้นหาองค์ความรู้ด้วยตนเอง

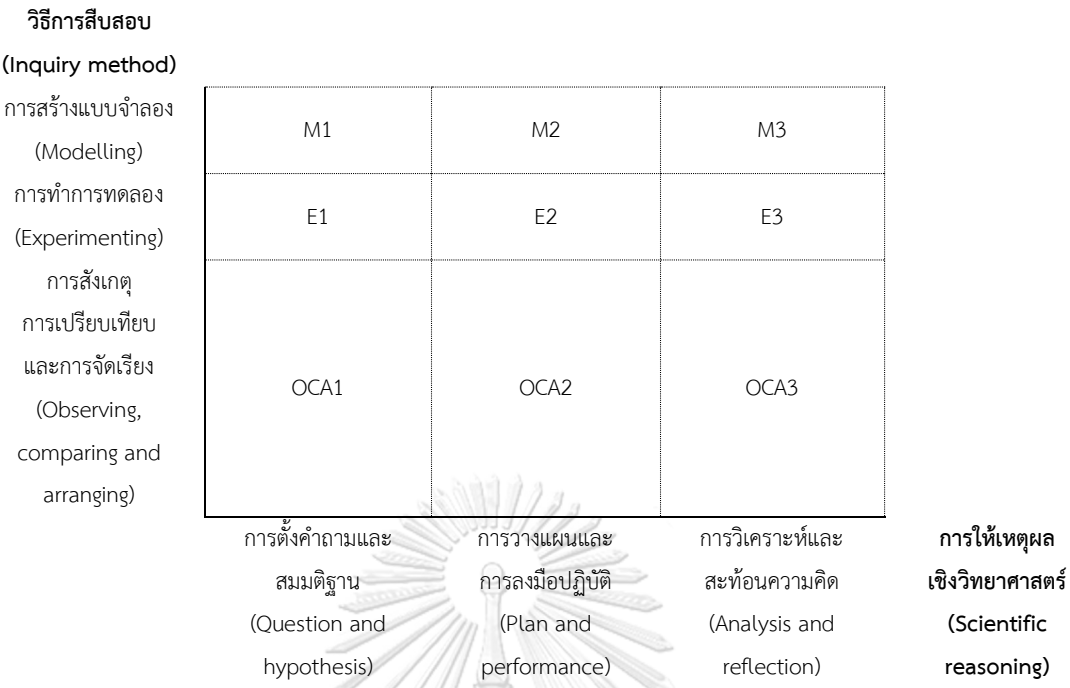
National Research Council (1996, อ้างถึงใน Grigg et al., 2013) กล่าวว่า การสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง วิธีการที่หลากหลายที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับโลกแห่งธรรมชาติและเสนอคำอธิบายที่ตั้งอยู่บนประจักษ์พยานที่ได้จากงานของพวกเขา นอกจากนั้น

การสืบสอบยังหมายถึงกิจกรรมที่ผู้เรียนใช้ในการพัฒนาองค์ความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ของตนเอง และความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ศึกษาโลกของธรรมชาติ

Hodson (2014) กล่าวว่า การสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง ระเบียบวิธีการสืบสอบที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการแสวงหาองค์ความรู้ ซึ่งถือได้ว่าเป็นการทำให้เข้าใจเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ บทบาทและสถานะขององค์ความรู้ที่สร้างสังคมและสถานการณ์ทางปัญญาที่อยู่รอบ ๆ ต้นกำเนิดและพัฒนาการของทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่สำคัญ และเป็นวิธีการที่สังคมวิทยาศาสตร์สร้างและติดตามการปฏิบัติงานของวิชาชีพ ซึ่งรวมไปถึง องค์ความรู้ที่เชื่อมั่นได้จากรายงาน การป้องกัน การพินิจพิเคราะห์ และการยื่นยันข้อกล่าวอ้างเชิงวิทยาศาสตร์ และการตระหนักรู้ถึงปฏิสัมพันธ์ที่ซับซ้อนระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม

Nowak et al. (2013) กล่าวว่า การสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง วิธีการที่วิทยาศาสตร์ธรรมชาติพยายามที่จะตอบคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ กระบวนการของการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์นั้นจัดได้ว่าเป็นภาระกิจของการแก้ปัญหา มีวงจรของกระบวนการที่เริ่มจากการตั้งคำถาม การสืบสอบและการประเมินประจักษ์พยาน และการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ยังเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดของการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์อีกด้วย เนื่องจาก ความเข้าใจประจักษ์พยานเป็นแหล่งข้อมูลสำคัญในการตัดสินใจและวิทยาศาสตร์เป็นแก่นกลางสำคัญ ดังนั้นการศึกษาวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องมีการส่งเสริมให้ผู้เรียนทดสอบคุณภาพของประจักษ์พยานเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นนักคิดที่มีวิจารณญาณในสังคมที่เทคโนโลยีมีความก้าวหน้า (Gott and Duggen, 1998, อ้ างถึงใน Nowak, Nehring, Tiemann, and Upmeier zu Belzen, 2013) นอกจากนั้นพวกเขายังได้นำเสนอตารางไขว้ที่แสดงถึงการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ที่ประกอบไปด้วยความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการสืบสอบกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ดังภาพที่ 10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 10 ตารางไขว้ความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการสืบสอบกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่เป็นองค์ประกอบของการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์
ที่มา: ดัดแปลงจาก NOWAK ET AL. (2013)

จากการทบทวนวรรณกรรมจึงกล่าวได้ว่า การสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง ระเบียบวิธีการสืบสอบที่หลากหลายที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการแสวงหาองค์ความรู้ มีวงจรของกระบวนการที่เริ่มจากการตั้งคำถาม การสืบสอบ และการประเมินประจักษ์พยาน หรือตอบคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ และเป็นวิธีการที่สังคมวิทยาศาสตร์สร้างและติดตามการปฏิบัติงานของวิชาชีพวิทยาศาสตร์ ซึ่งรวมไปถึง องค์ความรู้ที่เชื่อมั่นได้จากรายงาน การป้องกัน การพินิจพิเคราะห์ และการยืนยันข้อกล่าวอ้างเชิงวิทยาศาสตร์ และการตระหนักรู้ถึงปฏิสัมพันธ์ที่ซับซ้อนระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม และเกี่ยวข้องกับความสามารถในการควบคุมตนเองอย่างตื่นตัวในการค้นหาองค์ความรู้ด้วยตนเอง

3.2 คุณลักษณะของการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์

กมลวรรณ กันยาประสิทธิ์ (2558) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้เป็นวิธีการหรือแนวทางที่ทำให้ผู้เรียนสร้างหรือได้รับองค์ความรู้ด้วยตัวผู้เรียนเอง ผ่านกระบวนการสำรวจตรวจสอบหรือทดลอง โดยมีครูทำหน้าที่เป็นผู้ช่วย (Facilitator) เพื่อให้ผู้เรียนได้ตระหนักรู้ว่า “เราได้องค์ความรู้ต่างๆ มาได้อย่างไร หรือ How we know what we know” มากกว่าแค่รู้ว่า

“เรารู้องค์ความรู้อะไร หรือ we know what we know” ดังนั้นกิจกรรมที่จัดได้ว่าเป็นการสืบเสาะหาความรู้จะมีคุณลักษณะสำคัญ 5 ประการดังต่อไปนี้

1. ผู้เรียนตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์

คนเราจะตั้งคำถามต่างๆ ได้ก็ต่อเมื่อ เกิดการสังเกต เกิดปัญหาหรือข้อสงสัยต่างๆ ขึ้นในตนเอง แม้ว่าผู้สอนจะกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดทักษะและฝึกกระบวนการการสร้างคำถาม แต่จะพบได้ว่าในสถานการณ์จริงเราอาจจะไม่สามารถตอบคำถามได้ทุกเรื่องในช่วงเวลานั้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะข้อจำกัดของความรู้ วัสดุ อุปกรณ์ต่างๆ ที่จะมาช่วยในการตอบคำถามที่สงสัย ดังนั้นผู้สอนควรจะเป็นผู้ช่วย เป็นผู้แนะนำให้นักเรียนใช้กระบวนการคิดหรือปรับข้อคำถามให้เป็นคำถามที่สามารถสำรวจตรวจสอบ (Testable question) หรือสามารถตั้งสมมติฐานที่ตรวจสอบได้ผ่านกระบวนการทำงานทางวิทยาศาสตร์

2. ผู้เรียนให้ความสำคัญกับหลักฐานหรือประจักษ์พยานของคำถามที่ตั้งขึ้น

จากคำถามที่ตั้งขึ้นผู้เรียนจะทำการปฏิบัติเพื่อหาคำตอบ ด้วยวิธีการต่างๆ เช่น จากการสำรวจตรวจสอบหรือจากการทดลอง ผู้เรียนจึงจำเป็นต้องเก็บข้อมูลด้วยความละเอียดถูกต้องและแม่นยำ ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งการจะให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่ถูกต้องและแม่นยำ ผู้เรียนควรได้รับการฝึกฝนทักษะในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ประเมินถึงข้อดีและข้อด้อยของเครื่องมือแต่ละชนิดเสียก่อน เพื่อจะได้เลือกใช้ได้ถูกต้องเหมาะสมด้วยความชำนาญ ดังนั้นครูจึงควรให้ความสำคัญกับการฝึกทักษะการปฏิบัติการเบื้องต้นก่อนการใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3. ผู้เรียนสร้างคำอธิบายจากข้อมูลและหลักฐานที่มี

เมื่อผู้เรียนได้เก็บข้อมูลต่างๆ ด้วยความละเอียดแล้ว ข้อมูลดิบที่ได้มา จะถูกนำมาวิเคราะห์และใช้เป็นหลักฐานในการใช้สร้างคำอธิบาย ดังนั้นผู้เรียนจึงจำเป็นต้องใช้เหตุผลในการคิดวิเคราะห์ด้วยวิธีการที่เหมาะสม อย่างซื่อสัตย์และสอดคล้องกับคำถามหรือปัญหาที่ตั้งไว้

4. ผู้เรียนเชื่อมโยงองค์ความรู้ที่ได้สู่องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

เมื่อผู้เรียนได้หลักฐาน สามารถสร้างคำอธิบายและใช้กระบวนการสังเคราะห์ออกมาเป็นคำอธิบายของตนเองแล้ว ผู้เรียนควรได้ทำการสืบค้น เพื่อศึกษาเพิ่มเติมว่าจากองค์ความรู้ที่ผู้เรียนได้นั้น มีความสอดคล้องหรือแตกต่างจากองค์ความรู้ เช่น หลักการ กฎ ทฤษฎี หรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่มีอยู่ในปัจจุบันอย่างไร

5. ผู้เรียนสื่อสารและประเมินองค์ความรู้อย่างมีเหตุผล

การที่ผู้เรียนได้สร้างองค์ความรู้จากการลงมือปฏิบัติและสืบเสาะด้วยตนเอง ความรู้ใหม่ที่ได้(ในที่นี้ อาจไม่ใช่ความรู้ใหม่ทั่วไป แต่เป็นความรู้ใหม่ของผู้เรียน)จะช่วยให้ผู้เรียนได้รู้สึกเห็นคุณค่าของการทำงานดังเช่นนักวิทยาศาสตร์ ซึ่งการทำงานของนักวิทยาศาสตร์จะไม่สิ้นสุดลงที่การได้ผลการทดลอง แต่นักวิทยาศาสตร์จะนำเอาองค์ความรู้ที่ได้ มาใช้สื่อสารต่อประชาคมโลก ดังนั้น การสื่อสารจึงเป็นอีกคุณลักษณะหนึ่งที่จำเป็น กล่าวคือ การเปิดโอกาสให้ผู้อื่นได้วิพากษ์วิจารณ์ผลงาน เพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้กันนั้น เป็นการช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และฝึกการให้และรับข้อเสนอแนะจากผู้อื่น ซึ่งเป็นการช่วยเติมเต็มความรู้ในส่วนที่ยังไม่สมบูรณ์ให้ดียิ่งขึ้น อีกทั้งยังเป็นการฝึกให้ผู้เรียน เรียนรู้ที่จะรับฟังความคิดเห็น ข้อวิพากษ์และวิจารณ์จากผู้อื่นได้ด้วย

Hodson (2014) กล่าวว่า การสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ประกอบไปด้วย 4 องค์ประกอบหลัก ดังนี้

1. ระยะออกแบบและวางแผน (Design and planning phase)

เป็นช่วงที่คำถามวิจัยถูกตั้งขึ้น และวัตถุประสงค์การวิจัย สมมติฐานถูกสร้างขึ้น และขั้นตอนการสืบสอบและเทคนิคการเลือกข้อมูลถูกกำหนดอย่างเด่นชัด

2. ระยะดำเนินการ (Performance phase)

เป็นช่วงที่ปฏิบัติการที่หลากหลายถูกนำมาใช้และข้อมูลต่างๆ ถูกเลือก

3. ระยะสะท้อนความคิด (Reflection phase)

เป็นช่วงที่ข้อค้นพบถูกพิจารณาและตีความด้วยมุมมองของทฤษฎีที่หลากหลาย เขียนข้อสรุปและให้เหตุผล รวมถึงข้อสรุปนั้นผ่านการตรวจสอบ

4. ระยะบันทึกและรายงาน (Recording and reporting phase)

เป็นช่วงที่ที่ กระบวนการ ข้อค้นพบ การตีความ และข้อสรุป ถูกบันทึกด้วยผู้วิจัย และนำแสดงต่อชุมชนเพื่อการสื่อสาร และเพื่อการไตร่ตรองอย่างละเอียดจากผู้อื่น

Grigg et al. (2013) กล่าวว่า ลักษณะของการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ที่กำหนดในมาตรฐานการศึกษาวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียนระดับชาติของประเทศสหรัฐอเมริกามี 5 ลักษณะ มีดังนี้

1. ผู้เรียนเผชิญหน้ากับคำถามเชิงวิทยาศาสตร์
2. ผู้เรียนให้ความสำคัญกับประจักษ์พยานที่ใช้ในการตอบคำถาม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. ผู้เรียนสร้างคำอธิบายโดยใช้ประจักษ์พยานที่ได้
4. ผู้เรียนเชื่อมโยงคำอธิบายเข้ากับองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์
5. ผู้เรียนสื่อสารและแก้ต่างให้กับคำอธิบาย

Weber et al. (2013) กล่าวว่า การสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานมี 8 ลักษณะสำคัญ ดังนี้

1. มีการตั้งคำถาม และระบุปัญหา (Asking questions, defining problem)

นักวิทยาศาสตร์สร้างคำถามที่สามารถหาคำตอบได้ นำไปสู่การระบุสิ่งที่รู้แล้วกับคำถามที่ยังไม่มีความรู้มากพอที่จะตอบได้ หรือ ผู้เรียนสร้างพัฒนาการของตนเองผ่านการระบุปัญหาวิจัย ระเบียบวิธีและการคัดเลือกข้อมูล ผลการศึกษา และชุดคำถามเชิงวิทยาศาสตร์

2. มีการพัฒนา และการใช้แบบจำลอง (Developing, using Models)

เนื่องจากวิทยาศาสตร์นั้นเกี่ยวข้องกับการสร้างและใช้แบบจำลองและสถานการณ์จำลองเพื่อช่วยพัฒนาคำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ตัวอย่างกิจกรรม เช่น ใช้ปลาซิวเป็นแบบจำลองเพื่อแทนว่าตะกั่วส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมและการสืบพันธุ์ของปลาซิวได้อย่างไร ผู้เรียนประยุกต์องค์ความรู้นี้ไปกับสารเคมีอื่นๆ

3. มีการวางแผนและปฏิบัติการสืบสอบ (Planning, doing investigations)

กิจกรรมที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนเป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมวางแผนและควบคุมการสืบชอบเชิงระบบ มีการระบุตัวแปรและการทำความเข้าใจว่าสิ่งใดจะใช้เป็นข้อมูลได้ เช่น ผู้เรียนควบคุมตัวแปรต่างๆ และคัดกรองตัวแปรอื่นๆ ที่ไม่สำคัญ เพื่อสร้างข้อสรุปเกี่ยวกับผลของตะกั่วที่มีต่อปลาซิว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4. มีการวิเคราะห์และการตีความข้อมูล (Analyzing, interpreting data)

การสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์จะทำให้ได้ข้อมูลที่จะใช้วิเคราะห์เพื่อระบุแบบรูปที่มีนัยสำคัญ เช่น ผู้เรียนระบุและเปรียบเทียบพฤติกรรมของปลาซิวทั่วไป กับพฤติกรรมการสืบพันธุ์ของปลาซิวหัวโตที่ได้รับสารเคมี โดยใช้ตารางข้อมูล และกราฟ ในการระบุอิทธิพล

5. มีการใช้คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีสารสนเทศหรือเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ และการคิดเชิงคำนวน (Using math, information/computer technology, computational thinking)

เนื่องจากคณิตศาสตร์และการคำนวนเป็นเครื่องมือพื้นฐานที่ใช้แทนตัวแปรและความสัมพันธ์ของตัวแปร ตัวอย่างกิจกรรม เช่น ผู้เรียนใช้ข้อมูลเชิงปริมาณเป็นประจักษ์พยานในการสนับสนุนแนวคิดในการอธิบายการส่งผลและไม่ส่งผลของตะกั่วที่มีต่อปลาซิว

6. มีการสร้างคำอธิบายและออกแบบการวิธีการแก้ปัญหา (Constructing explanation, designing solutions)

เนื่องจากการพัฒนาสมมติฐานจะทำให้ได้คำอธิบายเกี่ยวกับโลกของธรรมชาติ ตัวอย่างกิจกรรม เช่น ผู้เรียนเข้าร่วมในกิจกรรมและอภิปรายเกี่ยวกับข้อมูล วิธีการที่นักวิทยาศาสตร์พิจารณาสมมติฐาน และให้น้ำหนักแก่วิธีการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการปนเปื้อนของสภาพแวดล้อม

7. มีการอ้างจากประจักษ์พยาน (Arguing from evidence)

การให้เหตุผลและการโต้แย้งทำให้เข้าใจจุดแข็งและจุดอ่อนของประจักษ์พยานและช่วยระบุคำอธิบายที่ดีที่สุดสำหรับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ตัวอย่างกิจกรรม เช่น ผู้เรียนนำเสนอผลการวิจัยที่ผู้เรียนได้ทบทวนมาเพื่อที่จะหาจุดแข็งขอระเบียบวิธี การได้มาซึ่งข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล ผลการทดลอง และข้อสรุปที่ตั้งอยู่บนทักษะการคิดอย่างมีวิจาณญาณ

8. มีการยอมรับ การประเมิน และการสื่อสารสารสนเทศ (Obtaining, evaluating, communicating information)

เพราะวิทยาศาสตร์มีพัฒนาการสูงขึ้นเมื่อข้อค้นพบถูกเผยแพร่ออกไป ตัวอย่างกิจกรรม เช่น ผู้เรียนสื่อสารข้อค้นพบโดยใช้กระดาษ โปสเตอร์ และโปรแกรมนำเสนอต่อผู้วิพากษ์

3.3 ปัจจัยสนับสนุนการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Lazonder, Hagemans, and Jong (2010) กล่าวว่า ปัจจัยที่ส่งเสริมกการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์คือสารสนเทศที่เกี่ยวกับวิชาชีพวิทยาศาสตร์ เช่น หลักการ ทฤษฎี หรือหลักปฏิบัติเกี่ยวกับการใช้เครื่องมือ เป็นต้น ผู้เรียนที่มีความรู้ก่อนเรียนน้อยต้องการรับสารสนเทศก่อนสืบสอบของพวกเขา ซึ่งจะช่วยให้พวกเขามีความสามารถที่จะสร้างสมมติฐานได้อย่างแม่นยำ และดำเนินการทดลองไปได้ภายใต้เงื่อนไขของทฤษฎี ส่วนผู้เรียนที่มีความรู้เดิมค่อนข้างดีสมควรได้รับสารสนเทศในขณะที่พวกเขากำลังเผชิญกับภาระงานเชิงสืบสอบเป็นระยะเท่านั้น

3.4 งานวิจัยที่เกี่ยวกับคุณลักษณะสำคัญของการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์

Lazonder et al. (2010) ศึกษาผลการใช้ภาระเชิงสืบสอบที่ใช้สถานการณ์จำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มที่มีความรู้เดิมน้อย โดยตัวแปรอิสระที่

ศึกษาคือสารสนเทศเชิงวิชาชีพวิทยาศาสตร์ พบว่า การให้สารสนเทศก่อนไม่มีผลในเชิงบวกเท่ากับการให้สารสนเทศในขณะผู้เรียนกำลังดำเนินการสืบสอบ และยังแสดงให้เห็นว่าผู้เรียนไม่ได้ใช้เวลาในการศึกษาข้อมูลก่อนลงมือสืบสอบแต่จะค้นข้อมูลไประหว่างสืบสอบด้วยตนเองเป็นระยะเท่านั้น

Nowak et al. (2013) ได้พัฒนาแบบวัดการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์รายวิชาชีววิทยาและเคมี ของนักเรียนในเมืองเบอลิน ประเทศเยอรมันนี จาก VerE model (Modell zur Vernetzung der Erkenntnisgewinnung in Biologie und Chemie) ซึ่งในโมเดลประกอบไปด้วยข้อปฏิบัติเชิงความจริง (epistemological act) 9 ข้อ ที่ผสมระหว่างกระบวนการสืบสอบ (Inquiry method) กับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific reasoning) เป็นข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือก และมีจำนวน 10 ข้อต่อข้อปฏิบัติแต่ละอย่าง ซึ่งข้อคำถามแต่ละข้อจะต้องมีการนำเสนอสารสนเทศที่จำเป็นด้วย กราฟ ตาราง หรือรูปภาพ ผลการศึกษาของพวกเขาสรุปได้ว่าตารางไขว้ระหว่างกระบวนการสืบสอบกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ สามารถนำมาใช้เป็นตัวกรอบในการสร้างแบบวัดการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ได้จริง

Acar (2014) ศึกษาผลการใช้สภาพแวดล้อมทางการเรียนรู้แบบสืบสอบโดยใช้การโต้แย้งเป็นฐานที่มีต่อ การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ องค์ความรู้เชิงมโนมติ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของครูที่มีมโนมติที่ถูกต้องและครูที่มีมโนมติที่คลาดเคลื่อน กลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิตครูเอกวิทยาศาสตร์ 125 คน ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาฟิสิกส์พื้นฐานของมหาวิทยาลัยมิดเวสเทิร์น ประเทศตุรกี ซึ่งก่อนเริ่มการสอนผู้วิจัยได้ทำการวัดมโนมติที่คลาดเคลื่อนจากนั้นจึงให้ผู้เรียนได้เรียนในสภาพแวดล้อมทางการเรียนรู้ที่กำหนด เนื้อหาที่ใช้วัดองค์ความรู้เชิงมโนมติ ได้แก่ การดุลสมการเชิงฟิสิกส์ นัยสำคัญ การอนุรักษ์มวล ปริมาตร มวลและปริมาตร กราฟและความหนาแน่น การจม การลอยและความหนาแน่น และความร้อนและอุณหภูมิ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่ากลุ่มที่มีมโนมติที่ถูกต้องมีการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ องค์ความรู้เชิงมโนมติ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สูงกว่ากลุ่มที่มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนตั้งแต่ก่อนการทดลอง แต่หลังจากการทดลองพบว่าช่องว่างขององค์ความรู้และผลสัมฤทธิ์ลดลง แต่การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ยังคงมีความแตกต่างกันระหว่าง 2 กลุ่ม กล่าวคือถึงแม้ทั้ง 2 กลุ่ม จะมีคะแนนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้น แต่กลุ่มที่มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนก็ยังคงให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไม่ดีเท่ากับกลุ่มที่มีมโนมติที่ถูกต้อง และพวกเขายังได้เสนอแนะให้นำวิธีการสอนแบบสืบสอบที่ใช้การโต้แย้งเป็นฐานรวมเข้าไปอยู่ในหลักสูตรวิทยาศาสตร์อีกด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตอนที่ 4 กลยุทธ์การโต้แย้ง

4.1 ความหมายของการโต้แย้ง

Amgoud and Kaci (2007) กล่าวว่า การโต้แย้งเป็นแบบจำลองการให้เหตุผลที่ตั้งอยู่บนการสร้างและการเปรียบเทียบข้อโต้แย้ง ซึ่งข้อโต้แย้งเป็นตัวแทนของชุดเหตุผลที่จะทำให้เชื่อในความจริง

De La Paz, Ferretti, Wissinger, Yee, and MacArthur (2012) กล่าวว่า การโต้แย้งหมายถึง การประสานระหว่างประจักษ์พยานเข้ากับทฤษฎี ซึ่งสนับสนุนหรือโต้แย้งข้อสรุปแบบจำลอง หรือการพยากรณ์

O'Hallaron (2014) กล่าวว่า การโต้แย้งนั้นหมายถึงการสร้างข้อสรุปที่ซับซ้อน ที่ไม่ได้มาจากการยอมรับในบทนิยาม หรือการพรรณนาและมาตรฐานหนึ่งเท่านั้น

จากการทบทวนวรรณกรรมจึงกล่าวได้ว่า การโต้แย้ง หมายถึง แบบจำลองของการให้เหตุผลเพื่อสร้างข้อสรุปที่ซับซ้อนที่ไม่ได้มาจากการยอมรับในบทนิยาม หรือคำบรรยายและมาตรฐานหนึ่งเท่านั้น แต่เป็นการประสานระหว่างประจักษ์พยานเข้ากับทฤษฎี ซึ่งสนับสนุนหรือโต้แย้งข้อสรุปแบบจำลอง หรือการพยากรณ์นั้นๆ ตลอดจนสร้างและเปรียบเทียบข้อโต้แย้ง ซึ่งข้อโต้แย้งเป็นตัวแทนของชุดเหตุผลที่จะทำให้เชื่อในความจริงที่ปรากฏได้

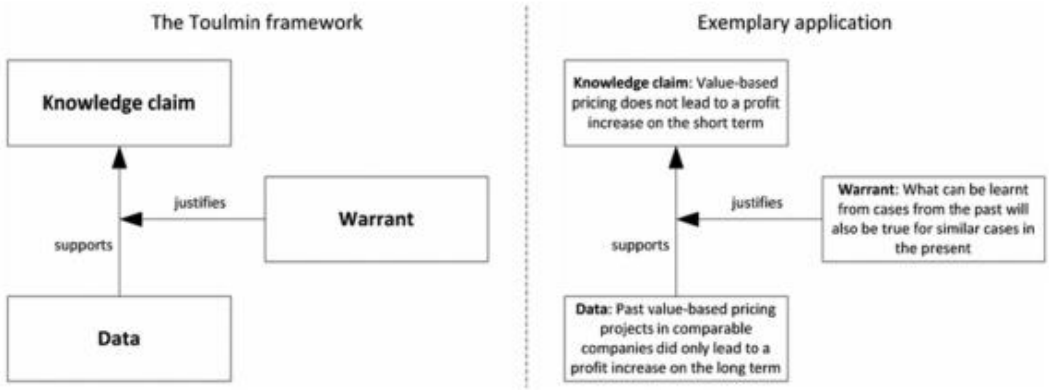
4.2 กรอบของการโต้แย้ง

Amgoud and Kaci (2007) กล่าวว่า กรอบเหตุผลของการโต้แย้ง (Argumentation framework) ระบบของการโต้แย้ง (argumentation system) หรือกรอบเหตุผลของการโต้แย้งที่เป็นนามธรรม (Abstract argumentation framework) หมายถึง วิธีการจัดการกับสารสนเทศที่เป็นที่โต้เถียงกัน และสร้างข้อสรุปจากสิ่งเหล่านั้น ซึ่งสร้างขึ้นมาสำหรับการตัดสินใจ

กรอบแนวคิดของ Toulmin (1958, อ้างถึงใน (Peters, Maruster, & Jorna, 2011)) เป็นกรอบความคิดที่ใช้อธิบายว่าสิ่งที่อ้างว่าเป็นความรู้นั้นถูกสร้างขึ้นมาได้อย่างไร ข้อมูลและเหตุผลอันสมควร (warrant) นั้นจะถูกวิเคราะห์ได้อย่างไร การโต้แย้งคือขั้นตอนขับเคลื่อนจากข้อมูลที่เชื่อถือได้ไปยังเหตุผลอันสมควร และกลายเป็นสิ่งที่อ้าง ด้วยการสนับสนุน (Backing) ตรวจสอบคุณภาพ (Qualify) และการคัดค้าน (Rebuttal) ซึ่งข้อมูลถูกใช้ถูกใช้เป็นหลักฐานที่บุคคลทั่วไปถือว่าเป็นต้นกำเนิดของข้อกล่าวอ้าง

ข้อมูลสามารถทำให้เกิดรูปแบบของความจริง เหตุการณ์ในอดีตหรือเหตุการณ์ร่วมสมัย ผลผลิตเชิงสถิติ ความคิดเห็น และการอ้างอิงจากผู้มีอิทธิพลและการอ้างว่าเป็นความรู้

เหตุผลอันสมเหตุผล (Warrant) หมายถึง องค์ประกอบขององค์ความรู้ที่แสดงให้เห็นถึงการเลื่อนไหลขอข้อมูลแล้วกลายไปเป็นข้อกล่าวอ้าง ดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 ตัวอย่างของการใช้ Toulmin's argumentation framework ในการวิเคราะห์การให้เหตุผล ที่มา: Peters et al. (2011)

Toulmin พยายามที่จะพัฒนาวิธีการที่จะยึดครองสิ่งจัดกระทำเชิงตรรกะที่เป็นมาตรฐานของการการโต้แย้ง จากนั้น Peters et al. (2011) จึงค้นพบว่ามี 2 กระแสหลักของวิธีการ

ทฤษฎีการโต้แย้งที่ไม่เป็นทางการแบบร่วมสมัยนี้ได้เติมรายละเอียดลงไปให้กับ Toulmin's argumentation framework เช่น แผนผังการโต้แย้ง (Argumentation scheme) และหลักการพิสูจน์หลักฐาน (burden of proof) ซึ่งพัฒนาแนวคิดโดย Walton, 2006, 2008 แต่อย่างไรก็ตาม งานของ Peters et al. (2011) ไม่ได้มุ่งที่จะประเมินพัฒนาการของทฤษฎีการโต้แย้ง แต่เพื่อศึกษาว่ากรอบการโต้แย้งของ Toulmin การจัดกลุ่มที่อ้างว่าเป็นความรู้ (Knowledge claim typology) และการจัดกลุ่มเหตุผลของ Brockriede and Ehninger (Ehninger's warrant typology) นั้นทำงานร่วมกันอย่างเหมาะสมได้อย่างไร

แต่อย่างไรก็ตามวรรณกรรมเชิงวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาความขัดแย้ง ซึ่งรวมถึง Bayes theory และ genetic algorithms ข้อความนั้นถูกใช้ในงานออกแบบอากาศยาน เพราะมันมีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาความขัดแย้งระหว่างอากาศยานได้ กรอบแนวคิดเรื่องการโต้แย้งที่คิดขึ้นโดย Amgoud and Kaci 2007 จึงเป็นวิธีการที่เหมาะสมในการใช้แทนข้อคิดและ

มันยังสามารถแสดงความสัมพันธ์และการรวมกันขององค์ความรู้ได้อีกด้วย (Hu, Hu, Sekhari, Peng, & Cao, 2011)

Psycharis (2013) ได้จำแนกระดับของกรอบการโต้แย้งไว้ เป็น 5 ระดับ โดยพัฒนามาจากแนวคิดของ Erduran et al. (2004) และ Demircioglu and Ucar (2012) ดังนี้

ระดับที่ 1 เป็นการโต้แย้งประกอบไปด้วยข้อโต้แย้งที่มีการปะทะกันระหว่างการกล่าวอ้างอย่างง่ายและข้อกล่าวอ้างโต้กลับ

ระดับที่ 2 เป็นการโต้แย้งที่ประกอบไปด้วยการปะทะระหว่างข้อกล่าวอ้างกับข้อกล่าวอ้างที่มีข้อมูลอ้างอิง หรือสนับสนุน แต่ไม่มีการแสดงข้อคัดค้าน

ระดับที่ 3 เป็นการโต้แย้งที่ข้อโต้แย้งประกอบไปด้วยชุดของคำกล่าวอ้างหรือชุดของข้ออ้างโต้กลับที่มีข้อมูล เหตุผลอันสมควร หรือหลักฐานสนับสนุน และมีการแสดงข้อคัดค้านที่ไม่หนักแน่นพอ

ระดับที่ 4 เป็นการโต้แย้งประกอบไปด้วยข้อกล่าวอ้างที่ประกาศข้อคัดค้านอย่างชัดเจน มีหลายข้อโต้แย้งและหลายข้อโต้กลับให้เห็นบ้าง

ระดับที่ 5

เป็นการโต้แย้งที่แสดงให้เห็นข้อโต้แย้งถัดไปด้วยข้อคัดค้านที่มากกว่า 1 ข้อ

4.3 ทฤษฎีการโต้แย้ง

Peters et al. (2011) กล่าวว่า ทฤษฎีการโต้แย้งมี 2 มโนมติ ได้แก่ มโนมติผลลัพธ์ที่เป็นบวก (Positive consequences) และมโนมติผลลัพธ์ที่เป็นลบ (Negative consequences) ซึ่งคิดขึ้นโดย Walton, 2006, 2008 ซึ่งทั้ง 2 มโนมติ นั้นหมายถึงเงื่อนไขของการแก้ต่างที่มีความเป็นสากลมากขึ้น เช่น การใช้งานได้ (Utility) ลำดับความสำคัญเชิงการปฏิบัติ (Pragmatic priority) และประสิทธิภาพ (Efficiency) ตัวอย่างเช่น ผู้จัดการอ้างว่าบริษัทไม่ควรจัดการเงินเดือนของพนักงานแบบองค์รวม เพราะว่ามันได้ทำไปแล้วในปีที่แล้ว แสดงว่าผู้จัดการกำลังใช้เงื่อนไขผลลัพธ์ที่เป็นลบในการให้เหตุผลป้องกันตนเอง เนื่องจากการจัดการราคาแบบนั้นเป็นการกระทำที่ซ้ำซ้อน

4.4 กลยุทธ์การโต้แย้ง

Voss and Means (1991) กล่าวว่า ขั้นตอนของการโต้แย้งมีเพียง 2 ขั้นตอน เพื่อให้ข้อโต้แย้งนั้นสมบูรณ์ ได้แก่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. กล่าวอ้าง (Claim)
2. การให้เหตุผลเพื่อสนับสนุนการกล่าวอ้าง

Amgoud and Kaci (2007) กล่าวว่าการโต้แย้งจะต้องประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอน เพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ที่ยังเป็นข้อขัดแย้งกัน ดังนี้

1. สร้างข้อโต้แย้งที่แสดงความไม่เห็นด้วยจากสารสนเทศที่ได้รับ
2. ระบุจุดแข็งของข้อโต้แย้ง
3. ระบุความขัดแย้งระหว่างแต่ละข้อโต้แย้ง
4. ประเมินความน่าเชื่อถือของข้อโต้แย้งต่างๆ
5. สรุปหรือแก้ต่าง

Abi-El-Mona and Abd-El-Khalick (2011) กล่าวว่า ข้อโต้แย้งที่บุคคลสร้างขึ้นนั้นมี 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. นำเสนอข้อมูล
2. กล่าวอ้าง
3. ให้เหตุผลอันสมควร

O'Hallaron (2014) กล่าวว่า ข้อโต้แย้งสร้างขึ้นมาจากขั้นตอน 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. กล่าวอ้าง
2. แสดงประจักษ์พยาน
3. ให้เหตุผล
4. กล่าวอ้างใหม่อีกครั้ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Manz (2014) กล่าวว่า มีนักเขียนจำนวนมากได้พยายามพัฒนากรอบแนวคิดที่แสดงถึงกระบวนการที่ทำให้เป้าหมายของการโต้แย้งดูโดดเด่นขึ้น และเพื่อทำความเข้าใจว่าผู้เรียนสามารถเผชิญหน้ากับสิ่งชักนำเพื่อให้เกิดการพัฒนาองค์ความรู้ได้อย่างไร

ตัวอย่างของกรอบกระบวนการสนทนา เช่น ผู้เรียนเขียนคำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์เสียง จากนั้นให้ผู้เรียนเปรียบเทียบคำอธิบายของตนเองและแก้ไขข้อแตกต่างกับเพื่อนภายใต้สภาพแวดล้อมออนไลน์ จากนั้นเขาได้สร้างรหัสสำหรับข้อความที่แสดงในการอธิบาย การโต้แย้ง การแก้ปัญหา หรือการจัดการในขณะที่การสนทนาเชิงโต้แย้ง ซึ่งได้รวมถึงการป้องกัน (Defending)

การโจมตี (Attacking) หรือการประณีประนอม (Compromising) ซึ่งประเมินได้จากการแก้ปัญหาและการแก้ไขข้อความที่เพื่อนได้ร่วมภาระงาน ส่วนการสนทนาอื่นจะถูกเข้ารหัสในเชิงการจัดการภาระงานหรือปฏิสัมพันธ์เชิงสังคม ซึ่งการเข้ารหัสจะช่วยให้ผู้วิจัยเข้าใจว่าผู้เรียนมีเป้าของการทำงานในภาระกิจอย่างไร

Anderson et al. (2001, อ้างถึงใน Zhang et al., 2015) กล่าวว่า การโต้แย้งมีเพียง 2 ขั้นตอน ได้แก่

1. เชื่อมโยงข้อเสนอใหม่ด้วยคำว่า “แต่” เพื่อแสดงความไม่เห็นด้วย
2. นำเสนอข้อโต้แย้งใหม่

4.5 โครงสร้าง เนื้อหาสาระวิทยาศาสตร์ และบทบาทของการโต้แย้งในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

4.5.1 โครงสร้างของการโต้แย้ง

Amgoud and Kaci (2007) กล่าวว่า การโต้แย้งประกอบด้วยขั้นตอน 5 ขั้น ได้แก่

1. ขั้นสร้างข้อโต้แย้งจากฐานทั้งแบบที่เห็นด้วยและไม่เห็นด้วย
2. ขั้นระบุจุดแข็งของข้อโต้แย้ง
3. ขั้นระบุความข้อขัดแย้งระหว่างข้อโต้แย้ง
4. ขั้นประเมินความน่าเชื่อถือของแต่ละข้อโต้แย้ง
5. ขั้นสรุปหรือระบุ คำอธิบายของข้อสรุป

Manz (2014) กล่าวว่ามีงานวิจัยจำนวนมากที่ศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างของการโต้แย้งที่นักเรียนเลือกใช้เพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ ซึ่งการโต้แย้งสามารถเกิดได้ทั้งจากตัวผู้เรียนเพียงคนเดียวและจากการสรุปจากบทสนทนา โครงสร้างของการโต้แย้งประกอบไปด้วย ข้อกล่าวอ้างที่มีข้อมูลที่แสดงถึงความเกี่ยวข้องกับข้อกล่าวอ้างโดยแถลงเหตุผลอันสมควรและสนับสนุนกัน ผู้พูดต้องบอกข้อมูลเชิงปริมาณที่แน่ชัดและเงื่อนไขที่ยังไม่สมบูรณ์ได้ ซึ่งโครงสร้างนี้ถูกใช้เพื่อการประเมินการโต้แย้งของนักเรียนเป็นกลุ่มๆ ระดับของการโต้แย้งถูกจัดอันดับไว้ตาม Toulmin scheme เช่น ระดับ 1 หมายถึง การกล่าวอ้างที่มีการอ้าง (Claim) และการแย้ง (Counterclaim) ในขณะที่ระดับ 3 การโต้แย้งนั้นเป็นอนุกรมของการอ้างและการแย้งที่มี ข้อมูล (Data) เหตุผลอันสมควร (Warrant) สิ่งที่สนับสนุน (Backing) และการคัดค้าน (Rebuttal) ซึ่งจากการศึกษานี้ทำให้ได้ข้อสันณิษฐาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2 ข้อ สำหรับการนำโครงสร้างของการโต้แย้งไปใช้ว่า 1) ควรเป็นการกระทำที่แสดงออกถึงความชำนาญในการโต้แย้งและ 2) สามารถจะแนกเป็นระดับได้ด้วยการกล่าวอ้างที่มีพื้นฐาน และแสดงถึงความชำนาญของการโต้แย้งที่มีการใช้องค์ประกอบของการโต้แย้งที่ซับซ้อนมากขึ้น

4.5.2 เนื้อหาสาระวิทยาศาสตร์

เหล่านักวิชาการได้ชี้ประเด็นว่าเงื่อนไขของการพัฒนาชุมชนแห่งการสร้างคำถามมีประโยชน์ ข้ออ้างที่เป็นไปได้ และการตัดสินที่มีประสิทธิภาพ มี 2 นัยของมุมมองดังนี้ ได้แก่ 1) เนื้อหาสาระขององค์ประกอบในข้อโต้แย้งต้องถูกตรวจสอบได้ และ 2) เนื้อหาสาระถูกตัดสินด้วยมาตรฐานของสาขาวิชาได้

นักวิจัยมากมายได้ใช้หลักฐานเชิงประจักษ์เป็นตราประกันคุณภาพของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และสำรวจว่าผู้เรียนใช้ประจักษ์พยานในการโต้แย้งของตนหรือไม่อย่างไร ตัวอย่างเช่นนักวิจัยบางคนให้ความสำคัญกับข้อมูลเชิงประจักษ์ในการสังเกตุหรือการตรวจวัดมากกว่าจะสนใจแหล่งที่มาอื่นๆ ของการตัดสินใจ เช่น ความมีเหตุผล ได้แก่ “มันเหมือนจะเข้าใจได้ว่า...” “มันควรจะเกิด...” หรือ การใช้อำนาจที่ชอบธรรม ได้แก่ “นี่คือสิ่งที่ครูบอกฉันมา” แต่อย่างไรก็ตามนักวิชาการจำนวนมากได้อ้างว่าการใช้ข้อมูลเชิงประจักษ์นั้นยังไม่เพียงพอ โดยประการแรกคือนักวิทยาศาสตร์จะต้องเผชิญกับข้อผูกมัดเชิงทฤษฎีซึ่งรวมไปถึงการพิจารณาความมีเหตุผลและการสร้างข้อเท็จจริงเพื่อที่จะสร้างและประเมินข้อโต้แย้ง ประการที่สองข้อโต้แย้งที่อยู่บนฐานของข้อมูลสามารถถูกทำให้มีตำหนิได้ ถ้าข้อมูลไม่ได้สนับสนุนข้อกล่าวอ้างหรือไม่ได้ช่วยในการตีความ นอกจากนี้นักวิจัยจำนวนไม่น้อยยังได้สร้างกรอบของการโต้แย้งว่าเป็นการปกระทำที่ต้องแสดงออกถึงการกล่าวอ้างทฤษฎีและข้อมูลเชิงประจักษ์ไว้ด้วยกัน อย่างเช่น การกล่าวอ้างที่ว่า การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับระดับของความจริงที่ซ้อนกันเชิงโวหา (Rhetorically stacking epistemic level) หรือ การสร้างความเกี่ยวเนื่องสัมพันธ์ที่แข็งแรงระหว่างสิ่งที่เกิดขึ้นโดยบังเอิญจากการทดลองกับข้อกล่าวอ้างเชิงทฤษฎี

4.5.3 การสอดแทรกการโต้แย้งลงไปในระบบกิจกรรม

Manz (2014) ได้นำเสนอวิธีการที่จะสอดแทรกการโต้แย้งเข้าไปในระบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ไว้ 4 รูปแบบ ดังนี้

4.5.3.1 กิจการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific enterprise)

นักปรัชญาวิทยาศาสตร์และนักสังคมวิทยาวิทยาศาสตร์ให้มโนทัศน์เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ว่าเป็นโครงการสร้างโมเดล ที่ถูกสร้างขึ้นโดยความไม่แน่นอนที่มีนัยสำคัญ (ความน่าจะเป็นที่ดูมีความเป็นไปได้สูง) การมองวิทยาศาสตร์ ในแง่ของการสร้างโมเดลนั้นเป็นวิธีหนึ่งที่ถูกทำให้ซับซ้อนมากขึ้นได้โดยการศึกษาวิทยาศาสตร์และชุมชนวิทยาศาสตร์ มุมมองด้านการสร้างโมเดลจะเน้นที่วัตถุที่แทนความหมายของสิ่งต่างๆ บนโลกในรูปแบบของการอธิบาย สมการ และการใช้ค่าคงที่ทางกายภาพ อย่างเช่น แบบจำลองอะตอมของบอร์ ที่โมเดลถูกตรวจสอบโดยการที่คำอธิบายนั้นเข้ากับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นบนโลกจริงได้พอดีโดยการที่นักวิทยาศาสตร์ได้ทดลองเกี่ยวกับคำอธิบายนั้นจนรู้ได้ว่าเป็นไปได้ ซึ่งกิจกรรมของนักวิทยาศาสตร์นั้นหมายถึงการศึกษาอย่างลึกซึ้งและการอธิบายโมเดล หรือการจัดกลุ่มให้กับโมเดล ซึ่งการสร้างโมเดลนั้นจะช่วยสร้างความเข้าใจในเชิงรูปธรรมได้ดีขึ้น เพราะบางครั้งปรากฏการณ์ต่างๆ นั้นสามารถเข้าใจได้อย่างง่ายดายดังนั้นนักวิทยาศาสตร์จึงต้องพยายามจับภาพ ยั่วยุ ดาวน์โหลด ฟื้นฟู เข้าร่วม หรือทำสิ่งเหล่านั้นให้เป็นจริง จากนั้นนักวิทยาศาสตร์ก็สร้างโมเดลของปรากฏการณ์ในรูปแบบของการทดลอง เครื่องจักรกล การเพาะเลี้ยงสเต็มเซลล์ หรือโมเดลสัตว์ และจัดกระทำพวกมันเพื่อสร้างและทดสอบโดยการโต้แย้ง

การสร้างโมเดลนั้นถูกสอดแทรกไว้ด้วยความไม่แน่นอนที่มโนมติทางวิทยาศาสตร์จำนวนมากถูกผู้เข้ากับการจัดการกับความไม่แน่นอน ทฤษฎีและคำอธิบายเกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ที่ถูกตั้งสมมติฐาน และกระบวนการที่ไม่เคยพบเจอมาก่อน ซึ่งมันเป็นเรื่องที่ต้องคาดการณ์และยังสามารถแก้ไขได้ แต่เมื่อมีการสังเกตเชิงประจักษ์ที่สนับสนุนคำกล่าวอ้างนั้นแทนที่จะใช้เพียงแต่ประจักษ์พยาน สิ่งเหล่านี้เป็นสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์ต้องทำ ปรากฏการณ์ต่างๆ ต้องเจอกับกระบวนการของการตีความให้กลายมาเป็นวัตถุหนึ่งของกระบวนการสังเกต การไตร่ตรอง และการสื่อสาร เครื่องมือและระเบียบวิธีการทดลองถูกพัฒนาภายใต้เวลาและเป็นตัวอย่างของพลังงานแห่งวิทยาศาสตร์ ดังนั้นมโนทัศน์และการปฏิบัติจึงเป็นสิ่งที่ทำให้ดำเนินไปพร้อมๆ กันเสมอ Pickerin (1995 อ้างถึงใน Manz, 2014) อ้างว่า ข้อเท็จจริงถูกสร้างขึ้นผ่านการทำงานของสสารที่มีการออกแบบและแก้ไข และตรวจวัดด้วยเครื่องมือ ตีความคำอธิบายของสิ่งที่ปรากฏขึ้นและคำอธิบายของปรากฏการณ์ที่ให้ความหมาย หรือ สถานะของวัตถุที่เป็นสิ่งของที่มันทำงานได้

4.5.3.2 ประชาคมวิทยาศาสตร์ (Scientific community)

โดยปกติแล้วบทบาทของผู้คนในประชาคมวิทยาศาสตร์มักจะมี 2 บทบาท ได้แก่ นักวิทยาศาสตร์ที่เป็นผู้เสนอ กับธรรมชาติที่จะเป็นผู้ตอบทุกสิ่ง แต่ความจริงแล้ว Pera (1994 อ้างถึงใน Manz, 2014) อ้างว่ามันควรมี 3 บทบาท ได้แก่ 1) ผู้เสนอ (Proposer) 2) ธรรมชาติที่เป็นผู้พูด

และ 3) ประชาคม ซึ่งทั้ง 3 สิ่งจะคอยตรวจสอบและสร้างการโต้แย้งที่มีเหตุผลผ่านกระบวนการทดลอง หรือสร้างเครื่องมือต่างๆ ซึ่งหากพิจารณาข้อเท็จจริงมักจะได้จากผลที่เกิดขึ้นโดยบังเอิญในห้องปฏิบัติการ และสิ่งที่ตามมาคือการสร้างคำอธิบายให้กับปรากฏการณ์นั้นๆ ซึ่งการจะสร้างคำอธิบายให้เป็นที่ยอมรับได้นั้นจะต้องมีการตรวจสอบให้กับประชาคมได้รับรู้และยอมรับโดยทั่วกันเสียก่อน

4.5.3.3 กิจการในชั้นเรียน (Classroom enterprise)

เพื่อที่จะสอดแทรกการโต้แย้งเข้าไปในประชาคมในชั้นเรียนนั้น สิ่งสำคัญที่จะต้องพิจารณา คือ กิจการของผู้เรียน และช่องว่างของปัญหาที่ผู้เรียนจะต้องเผชิญในการโต้แย้ง ซึ่งมีงานวิจัยหลายๆ เรื่องที่พบว่าการโต้แย้งของนักเรียนดีขึ้นเรื่อยๆ หากผู้เรียนได้มีโอกาสได้โต้แย้งบ่อยๆ แต่ก็ยังมีงานวิจัยบางเรื่องที่ยังพบว่ามีผู้เรียนบางคนปฏิเสธข้อตกลงในการร่วมกิจกรรม และยังพบว่าในชั้นเรียนนั้นการโต้แย้งสามารถช่วยเร้าผู้เรียนให้ระบุปัญหา ตั้งคำถาม ออกแบบ และควบคุมการสืบสอบ หรืออธิบายตัวเลือกของการสืบสอบให้ผู้อื่นฟังได้อีกด้วย และการที่จะฝึกผู้เรียนให้มีการโต้แย้งที่ดีนั้นเป็นเรื่องยาก ดังนั้นการฝึกฝนการโต้แย้งนั้นควรเริ่มจากการนำเสนอปัญหาที่มีเพียง 2 ทางที่สามารถเป็นไปได้ มากกว่าการใช้ภาระงานปลายเปิดที่กว้างมากเกินไปสำหรับผู้เรียน

4.5.3.4. ประชาคมในชั้นเรียน (Classroom communities)

ในประชาคมชั้นเรียนนี้ Manz (2014) เน้นบทบาทหลักไปที่ครูจากการที่เป็นเพียงผู้ป้อนคำถามที่ตอบว่าใช่หรือไม่ใช่ เป็นการค้นหาความคิดเห็นของผู้เรียน ขยายแนวคิด และจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้สร้างองค์ความรู้และฉันทามติ และผู้เรียนต้องเป็นผู้ที่มีสิทธิเต็มรูปแบบในการแสวงหาคำตอบที่ถูกต้องด้วยตนเอง เช่น ผู้เรียนอาจมีโอกาสได้พบกับผู้วิพากษ์ที่เป็นนักวิทยาศาสตร์ หรือเข้าร่วมพบปะเพื่อนำเสนอและร่วมวิพากษ์ไปพร้อมกับนักวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะเป็นการส่งเสริมให้ทั้งผู้เรียนและผู้สอนสร้างสังคมแห่งการสร้างองค์ความรู้และวิพากษ์แนวคิดร่วมกัน เป็นต้น

4.6 งานวิจัยเกี่ยวกับการโต้แย้ง

Amgoud and Kaci (2007) ได้พิสูจน์ความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีการโต้แย้งกับวิธีการรวมสารสนเทศที่ได้จากแหล่งที่หลากหลายทั้งทางตรงและทางอ้อม นอกจากนี้ยังนำเสนอกรอบแนวคิดของการโต้แย้งที่ตั้งอยู่บนความชอบส่วนบุคคลในการให้เหตุผลที่ตั้งอยู่บนองค์ความรู้ที่มีความขัดแย้งกันอยู่ โดยสร้างแบบจำลองการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบไบนารี พบว่า กรอบแนวคิดของการโต้แย้งได้มาจากองค์ความรู้ที่ได้จากการรวมสารสนเทศ นอกจากนั้นยังพบว่าวิธีการแก้ปัญหาด้วย

การโต้แย้งนั้นยังมีข้อจำกัดในขั้นตอนของการระบุปัญหาเนื่องจากสารสนเทศที่ได้นั้นมาจากแหล่งที่หลากหลาย

สันติชัย อนุวรชัย (2553) ศึกษาผลการใช้การเรียนการสอนชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยคะแนน 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 คือ ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และส่วนที่ 2 คือ กระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนกลุ่มทดลองได้คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เท่ากับ 21.24 คะแนน ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ 21 คะแนน จัดอยู่ในความสามารถระดับดี และได้คะแนนเฉลี่ยกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เท่ากับ 50 คะแนน ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ 13 คะแนน จัดอยู่ในความสามารถระดับดี และพบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทาศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยการทดสอบความมีเหตุผลสูงกว่าก่อนทดลอง และสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และการสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผลระหว่างการทดลอง พบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมความมีเหตุผลสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จำนวน 4 ครั้ง จากการสังเกต 5 ครั้ง

Sampson, Grooms, and Walker (2011) ศึกษาผลของชุดกิจกรรมปฏิบัติการ 15 ปฏิบัติการ ที่ถูกออกแบบขึ้นมาให้ที่เรียกว่า Argument – Driven Inquiry (ADI) ที่มีอิทธิพลต่อต่อการมีส่วนร่วมกับอ้างเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และคุณภาพของอ้างเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน ซึ่งการศึกษานี้วัดและยืนยันได้จากการประเมินด้วยภาระงานกลุ่มขนาดเล็กในการอธิบายเหตุการที่แตกต่างกัน และเมื่อสร้างการอ้างเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยกิจกรรมมีระยะ 18 สัปดาห์ ผลการวิจัยพบว่าผู้เรียนมีความตื่นตัวที่จะเข้าร่วมกิจกรรมมากขึ้น และมีการอ้างเหตุผลที่ดีขึ้น

Peters et al. (2011) ศึกษาการประเมินสิ่งที่อ้างว่าเป็นองค์ความรู้ในโครงการนวัตกรรมโดยใช้ Toulmin’s argumentation framework ในการวิเคราะห์การให้เหตุผล ของพนักงานในโรงงานที่ผลิตนวัตกรรมโดยใช้หัวข้อเรื่องการตั้งราคาสินค้า ซึ่งพบว่า Justification theory ของ Nonaka and Takeuchi 1995 สามารถอธิบายสิ่งที่อ้างว่าเป็นความรู้ได้เพียงบางส่วนเท่านั้น ลักษณะของเหตุผลที่ใช้มากที่สุดคือเหตุผลชักจูงใจ (Motivational warrant)

Sampson and Walker (2012) วิจัยเกี่ยวกับผลของกิจกรรมปฏิบัติการ 6 ปฏิบัติการที่สอนด้วยรูปแบบการสอนแบบสืบสอบโดยใช้การโต้แย้งขับเคลื่อน 7 ขั้นตอน ที่มีผลต่อทักษะการเขียนรายงานการทำปฏิบัติการของนักศึกษาระดับปริญญาตรี จำนวน 18 คน ที่ลงทะเบียนในรายวิชาปฏิบัติการเคมีทั่วไป และประเมินรายงานด้วยวิธีสุ่มผู้วิพากษ์แบบไม่ทราบตัวตน วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณที่ได้จากการวัดด้วยเกณฑ์การประเมินรายงานที่มีค่าความเชื่อมั่น 0.86 วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพจากคุณภาพของงานเขียน ผลปรากฏว่าผู้เรียนมีทักษะการเขียนในเชิงวิทยาศาสตร์ที่ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ผู้เรียนประเมินกับนักวิจัยประเมินพบว่ามีความสัมพันธ์กันในทางบวกแสดงว่าผู้เรียนสามารถประเมินคุณภาพของความคิดเห็นของผู้พิพากษ์ได้อย่างแม่นยำอีกด้วย

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวกับการสอนแบบสืบสอบโดยใช้การโต้แย้งขับเคลื่อนทำให้ผู้รายงานเกิดแนวคิดว่าถ้าหากนำขั้นตอนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้การโต้แย้งขับเคลื่อนมาให้เพื่อพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์น่าจะได้ผลลัพธ์ที่ดี เนื่องจากการสอนแบบสืบสอบโดยใช้การโต้แย้งขับเคลื่อนได้มุ่งเน้นกิจกรรมไปที่การออกแบบการทดลองภายใต้สมมติฐาน อีกทั้งยังมีขั้นตอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สร้างคำอธิบายปรากฏการณ์ของตนเองและฝึกฝนโต้แย้งกันด้วยเหตุผล และทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์อีกด้วย

Psycharis (2013) ศึกษาและพัฒนาการนำการสืบสอบโดยใช้การโต้แย้งขับเคลื่อนมาประยุกต์ใช้เพื่อสร้างเป็นปฏิบัติการสืบเสาะที่ใช้การให้เหตุผลคอยขับเคลื่อน (Argument – Driven Inquiry (ADI) laboratory activities) ในชั้นเรียนและประยุกต์ใช้โมเดลคอมพิวเตอร์เป็นสื่อช่วยในกิจกรรม โดยวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจตรวจสอบอิทธิพลของ การสร้างโมเดลคอมพิวเตอร์เชิงคณิตศาสตร์ในการทดลอง (Computational Experiment Mathematical Modeling หรือ CEMM) ต่อ ความสามารถในการให้เหตุผล (Reasoning ability) สมรรถนะในการเรียน (Learning performance) ความเชื่อในความจริงอันสูงสุด (Epistemological belifes) และ การโต้แย้งเชิงเหตุผล (Argumentation) ของนิสิต 50 คน ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่ามีความสัมพันธ์ในระดับสูงระหว่าง สมรรถนะในการเรียน ความสามารถในการให้เหตุผล โดยกิจกรรมที่เกิดขั้นนั้นเปิดโอกาสให้ผู้เรียนใช้อัลกอริทึมในการอธิบายปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ ทำให้ผู้เรียนเข้าใจมโนมติและการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น และยังพบว่าทักษะการแก้ปัญหาของผู้เรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (วัดโดยใช้ Mathematic baseline test) ซึ่งวิธีการใช้คอมพิวเตอร์ดังกล่าวนี้จะคอยส่งเสริมการสอนแบบปฏิบัติการสืบเสาะที่ใช้การให้เหตุผลคอยขับเคลื่อนได้เป็นอย่างดี

ตอนที่ 5 การสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมานี้ศาสตร์ทางด้านการคิดได้ให้ความเชื่อมั่นกับการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์มากขึ้นอย่างต่อเนื่องเพื่อใช้ในการตรวจพิสูจน์ การทดสอบสมติฐาน และมีบทบาทหลักสำหรับการสร้างคำพยากรณ์ต่างๆ (Botvinick & Cohen, 2014; McCauley & Christiansen, 2014) การสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์มักถูกนำมาใช้ในรูปแบบของสถานการณ์จำลอง (Deutsch et al., 2016)

5.1 ความหมายชองการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์

Hansen, Barnett, MaKinster, and Keating (2004) กล่าวว่า การสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์หมายถึง การสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ เป็นวิธีการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้วิธีการสร้างและออกแบบแบบจำลอง

Wu et al. (2013) กล่าวว่า การสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ (Computational modeling) หมายถึง กระบวนการสร้างแบบจำลองโดยใช้เครื่องมือที่เป็นคอมพิวเตอร์ ตัวอย่างเช่น โปรแกรม Model-it ซึ่งย่อยขั้นตอนการสร้างแบบจำลองให้อยู่ในรูปแบบที่ใช้ง่าย และสามารถนำเสนอได้หลากหลายรูปแบบเพื่อให้ผู้เรียนสร้างแบบจำลองที่มีพลวัตโดยไม่ต้องใช้ทักษะทางคณิตศาสตร์ขั้นสูงใดๆ ส่วนโปรแกรม Powersim สามารถสนับสนุนผู้เรียนให้สร้างสมมติฐาน ออกแบบการทดลอง และประเมินแบบจำลองได้ ซึ่งการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์จะช่วยให้ผู้ใช้ทำความเข้าใจตัวแปรที่ซับซ้อนที่ส่งผลต่อปรากฏการณ์ต่างๆ ได้อย่างลึกซึ่ง เช่น การทำความเข้าใจว่าผีเสื้อที่อยู่บลาซิลก่อให้เกิดภายุใต้ฝุ่นที่ออสเตรเลียได้อย่างไร เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Deutsch et al. (2016) กล่าวว่า การสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ เป็นสถานการณ์จำลองชนิดหนึ่ง ที่ใช้คณิตศาสตร์ ฟิสิกส์ และวิทยาการคอมพิวเตอร์ ในการศึกษาพฤติกรรมของระบบโดยใช้โปรแกรมสถานการณ์จำลอง ซึ่งแบบจำลองคอมพิวเตอร์ประกอบด้วยตัวแปรเชิงตัวเลขที่เป็นลักษณะเฉพาะของระบบที่กำลังศึกษา และสถานการณ์จำลองนั้นถูกปรับแต่งตัวแปรและสังเกตความเปลี่ยนแปลงผ่านทางแบบจำลองที่ถูกพยากรณ์ไว้

จากการศึกษาการนิยามความหมายของการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ของนักการศึกษาทำให้ผู้วิจัยสามารถสังเคราะห์ความหมายของการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ได้ว่า การสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ หมายถึง วิธีการสืบเสาะหาความรู้โดยอาศัยกระบวนการสร้างแบบจำลอง

โดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือในการสร้าง และใช้คณิตศาสตร์ ฟิสิกส์ และวิทยาการคอมพิวเตอร์ในการศึกษาพฤติกรรมของระบบ

5.2 กระบวนการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์

Wu et al. (2013) กล่าวว่า กระบวนการสำคัญของการสร้างแบบจำลอง คือ การเปรียบเทียบ การชั่งน้ำหนัก การทดสอบ รวมอิทธิพลของความสัมพันธ์เชิงพหุเข้าไปในแบบจำลอง และทำความเข้าใจเกี่ยวกับอิทธิพลของตัวแปรเชิงพหุนั้น

5.3 งานวิจัยเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์

Wu et al. (2013) ศึกษาการใช้แบบจำลองคอมพิวเตอร์ในการส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนิสิตวิทยาศาสตร์ 16 คน ที่ศึกษาในภาควิชาอุตุนิยมวิทยา ในมหาวิทยาทางตอนเหนือของไต้หวัน ซึ่งบางกลุ่มยังไม่เคยมีประสบการณ์เกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ ในขณะที่บางกลุ่มเคยสร้าง ทดสอบ และแก้ไข แบบจำลองคอมพิวเตอร์มาแล้ว ซึ่งล้วนเป็นแบบจำลองที่เกี่ยวข้องกับสาขาที่เรียนได้แก่ การเกิดเมฆ การเคลื่อนย้ายของฝุ่นละออง และพายุไต้ฝุ่น แต่ทุกคนไม่เคยมีประสบการณ์เกี่ยวกับแบบจำลองของการเกิดมลพิษทางอากาศมาก่อน ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มตัวอย่างทั้งหมดกลุ่มตัวอย่างที่มีความชำนาญสามารถสร้างแบบจำลองและตีความผลการจำลองสถานการณ์ได้อย่างแม่นยำ ในขณะที่นักศึกษาปริญญาตรีเปลี่ยนการพยากรณ์ของตนเองเมื่อเห็นผลของการจำลองสถานการณ์ ซึ่งงานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าการใช้แบบจำลองคอมพิวเตอร์ช่วยแก้ไขทักษะการตั้งสมมติฐานและการพยากรณ์ผลที่เกิดจากตัวแปรเชิงพหุได้ และเมื่อเสร็จสิ้นการทดลองพบว่ากลุ่มตัวอย่างสามารถเลือกแบบจำลองอิทธิพลของตัวแปรเชิงพหุได้อย่างถูกต้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Mulder, Bollen, de Jong, and Lazonder (2016) ศึกษาผลการใช้แบบจำลองคอมพิวเตอร์เป็นตัวช่วยเสริมศักยภาพทางการเรียนรู้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในรายวิชาชีววิทยาจาก 5 โรงเรียนในประเทศเนเธอร์แลนด์ เนื้อหาที่ใช้ในการทดลองเป็นเรื่องกลไกการควบคุมกลูโคสในกระแสเลือดด้วยฮอร์โมนอินซูลินเทียบเท่ากับเนื้อหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของประเทศไทย เครื่องมือที่ใช้สร้างแบบจำลองคือ SCY Dynamics modeling environment โดยแบ่งการทดลองเป็นนักเรียนเป็น 3 กลุ่มที่ได้รับตัวช่วยเสริมศักยภาพในการสร้างแบบจำลองแตกต่างกัน ได้แก่ กลุ่มควบคุม (n = 23) กลุ่มทดลองที่ได้รับแบบจำลองบางส่วน (n = 21) และกลุ่มทดลองที่ได้รับแบบจำลองบางส่วนกับชุดของตัวแปร (n = 26) วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้วิธี

MANOVA ผลการทำลองชี้ให้เห็นว่าทั้ง 3 กลุ่ม มีผลการเรียนรู้ที่สูงขึ้น โดยกลุ่มที่ได้รับแบบจำลองบางส่วนทั้ง 2 กลุ่มมีผลสัมฤทธิ์หลังสูงกว่ากลุ่มควบ และกลุ่มที่ได้รับตัวช่วยเสริมศักยภาพมีผลการเรียนดี คุณภาพของแบบจำลอง และกิจกรรมทดสอบแบบจำลองดีกว่ากลุ่มที่ได้เฉพาะแบบจำลองบางส่วน

ตอนที่ 6 การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

The Berlin Intelligence Structure Model (Freund & Holling, 2008) ให้นิยามว่า ความสามารถในการให้เหตุผลว่าเป็นการดำเนินการของสารสนเทศที่ซับซ้อนในภาระกิจซึ่งไม่สามารถแก้ได้โดยทันทีทันใด แต่ค่อนข้างที่จะต้องใช้เนื้อหาสาระ (Subject) ในการสร้างความสัมพันธ์ของหลายๆ สิ่ง และใช้การให้เหตุผลแบบเป็นทางการเชิงตรรกะอย่างแม่นยำ (Exact formal – logical reasoning) เกี่ยวกับสารสนเทศที่ใช้ในการแก้ปัญหา

การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไม่ใช่ทักษะที่ผู้ที่จะประกอบอาชีพทางเป็นนักวิทยาศาสตร์เท่านั้นที่จะต้องมี มันยังรวมไปถึงสาขาอาชีพอื่นๆ อีกมากมาย เช่น แพทย์ วิศวกร สถาปนิก นักออกแบบผังเมือง หรือแม้แต่นักอาชีวะบำบัด (Kim, 2013; Thuneberg et al., 2014) และนอกจากการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จะมีบทบาทที่จะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์มากขึ้นแล้วการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ยังส่งผลต่อทักษะด้านอื่นๆ เช่น อีก การโต้แย้ง (Argumentation) ความเชื่อเรื่องความจริง (Epistemological belief) สมรรถนะด้านการเรียนรู้ (Learning performance) (Psycharis, 2013) และยังมีความสัมพันธ์กับ เชาวน์ปัญญา (Intelligence) การรู้เรื่องการอ่าน (Reading comprehension) ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial ability) และการแก้ปัญหา (Problem solving) อีกด้วย (Mayer et al., 2014)

6.1 ความหมายของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สามารถมองได้อย่างหลากหลายมุมมองทั้งในด้านการคิดหรือการแสดงออกของการประทำ ซึ่งมีนักการศึกษาและนักจิตวิทยาให้ความหมายไว้ ดังนี้

Psycharis (2013) กล่าวว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการตั้งคำถามหรือสร้างข้อโต้แย้งกลับเพื่อทดสอบองค์ความรู้เชิงสาเหตุ

Nowak et al. (2013) กล่าวว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นหนึ่งองค์ประกอบของการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบไปด้วยกระบวนการสร้างคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ การสร้างสมมติฐาน การวางแผนการสืบสอบ การวิเคราะห์ข้อมูล และการสร้างข้อสรุป

จุฬาลักษณ์ ยิ้มดี (2556) ให้ความหมายของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ว่า เป็นการคิดของบุคคลในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลที่เกิดขึ้น โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า สำรวจตรวจสอบ หรือทำการทดลอง เพื่อนำไปสู่การสรุปเป็นองค์ความรู้

ดารารัตน์ นกขุนทอง (2546) กล่าวว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นการพิจารณาเหตุการณ์ หรือสิ่งที่เกิดขึ้นก่อน และตัดสินว่าเป็นผลมาจากสิ่งหนึ่งรวมกันหรือเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดผล โดยการสรุปอ้างอิงจากความรู้หรือประสบการณ์เดิมประกอบ และการคิดหาเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นวิธีการหนึ่งที่จะได้แนวคิดที่เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการเริ่มศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบ เป็นวิธีการคิดหาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่ปรากฏอยู่กับสิ่งที่มนุษย์ต้องการรู้ และเป็นขั้นตอนการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ที่จัดไว้เป็นระบบ และสามารถนำไปประยุกต์ในการทำงานทุกประเภท การคิดหาเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์นี้อาจแบ่งได้เป็น 3 แบบ ได้แก่ การให้เหตุผลเชิงนิรนัย การให้เหตุผลเชิงอุปนัย และการให้เหตุผลแบบอุปนัย-นิรนัย

เกรียงไกร ยิ้มดี (2548) กล่าวว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นวิธีการที่บุคคลใช้เพื่อหาแนวคิดสำหรับเริ่มต้นศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบ หรือเป็นความสามารถที่บุคคลใช้เพื่อดำเนินการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ค้นหาข้อมูลหรือหลักฐานซึ่งนำมาใช้สนับสนุนหรือปฏิเสธสมมติฐาน โดยได้แบ่งประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ แบ่งออกเป็น 3 แบบ ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1) การให้เหตุผลแบบนิรนัย
2) การให้เหตุผลแบบอุปนัย
3) การให้เหตุผลโดยวิธีอุปนัย – นิรนัย

Lawson (1985) กล่าวว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ คือ การให้เหตุผลแบบนามธรรม ซึ่งเป็นกระบวนการที่บุคคลใช้ในการค้าหา และประเมินหลักฐานต่างๆ เพื่อสนับสนุนหรือปฏิเสธสมมติฐาน ซึ่ง การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ แบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ 1) การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบอุปนัยเชิงประจักษ์ (Empirical-inductive level) 2) การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบกึ่งสมมติฐานนิรนัย (transitional) และ 3) การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบสมมติฐานนิรนัย (Hypothetical-deductive level)

Friedler, Nachmias, and Linn (1990) กล่าวว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถที่บุคคลใช้เพื่อบ่งชี้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์สถานการณ์ กำหนดสมมติฐาน ออกแบบการทดลอง สังเกตรวบรวม วิเคราะห์และตีความหมายข้อมูล นำผลที่ได้ไปประยุกต์ใช้และนำไปใช้เพื่อทำนายผลสถานการณ์อื่นต่อไป

Wilhelm and Beishuizen (2003) กล่าวว่าการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับกระบวนการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific inquiry process) ที่ได้แก่ การสร้างสมมติฐาน การทดลอง การประเมินประจักษ์พยาน และการลงความเห็น ยิ่งไปกว่านั้นยังมีความสัมพันธ์ระหว่างความเข้าใจในการใช้กลยุทธ์ ได้แก่ ความเข้าใจและความรับรู้ธรรมชาติและสิ่งจำเป็นของภาระหน้าที่และศักยภาพของกลยุทธ์ เช่น การควบคุมตัวแปร กับสมรรถนะด้านกลยุทธ์ ได้แก่ การใช้กลยุทธ์ในการควบคุมตัวแปร

Holyoak and Morrison (2005) ให้ความหมายของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ว่าเป็นการคิดที่เริ่มต้นจากข้อกล่าวอ้างไปสู่การอนุมาน การลงความเห็น การตัดสินใจ การแก้ปัญหา ทั้งนี้เพื่อวิเคราะห์ธรรมชาติของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และโครงสร้างทางปัญญา

Howson and Urbach (2006) กล่าวว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นการให้เหตุผลที่เป็นไปตามความน่าจะเป็นเชิงคณิตศาสตร์

Moshman (2011) กล่าวว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง การให้เหตุผลในแบบที่นักวิทยาศาสตร์ทำโดยใช้ทฤษฎีและประจักษ์พยาน ซึ่งมีรากฐานมาจากแนวคิดและงานวิจัยของ Inhelder and Piaget (1958, อ้างถึงใน Moshman, 2011) ซึ่งเป็นอะไรที่มีคุณค่าและซับซ้อนมากกว่าตรรกะในการลงความเห็นเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific inference) แต่ไม่ว่าอย่างไรก็ตาม นอกเหนือไปจากตรรกะในการทดสอบสมติฐานซึ่งยังมีศักยภาพอยู่นิดหน่อยนั้น ความเป็นเหตุเป็นผล (Rationality) นี้ยังอยู่บนพื้นฐานของทฤษฎีที่เฉพาะเจาะจงวิชาชีพ (Domain – specific theories) ซึ่งชี้แนะกระบวนการได้มาซึ่งทฤษฎี การสร้างตัวเลือกที่เป็นไปได้เกี่ยวกับตัวแปรที่จะสำรวจตรวจสอบ อะไรที่เป็นหลักฐานประกอบ อะไรคือสมมติฐานที่จะตรวจสอบ และการแสดงออกมา กระบวนการของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย กระบวนการคิดถึงทฤษฎีมากกกว่าสิ่งที่เห็น การคิดเกี่ยวกับหลักฐานมากกว่ามองหาความมีอิทธิพลของมัน เด็กเล็กส่วนใหญ่ดัดแปลงทฤษฎีทีละเล็กทีละน้อยด้วยหลักฐานที่ปรากฏซึ่งหน้าจริงๆ แล้วก็แค่เป็นสิ่งที่เคยเจอมาแต่ไม่ได้มีการควบคุมปฏิสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีกับหลักฐานในการคิดของพวกเขา มันเป็นการพัฒนาที่เกิดขึ้นไม่ใช่ในครั้งเดียวแต่มันเกิดขึ้นบ่อยมาก บางครั้งมีการใช้ทฤษฎีควบคู่กับหลักฐานหลายตัว

และหลักฐานถูกใช้ได้กับทฤษฎีหลายตัว แต่อย่างไรก็ตามมันยังไม่น่าเชื่อถือมากพอสำหรับคนหมู่มาก ดังนั้นการจะให้เหตุผลที่มีน้ำหนักจึงต้องระบุให้ได้ถึงหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องให้ได้

Feist (2011) กล่าวว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จะเกิดขึ้นได้เมื่อประจักษ์พยานถูกนำมาเชื่อมโยงเข้ากับทฤษฎี ซึ่งจะเป็นการทำงานของสมองส่วนฮิปโปแคมปัส (Hippocampus) และส่วนคอร์เทกซ์กลีบหน้าผากส่วนหน้า (Prefrontal cortex)

จิตวิทยาเชิงประสาทวิทยาของวิทยาศาสตร์ (Neuroscientific Psychology of Science) นั้นพยายามที่จะเข้าใจกระบวนการทำงานทั่วไปของสมองที่เกี่ยวข้องกับการคิดเชิงวิทยาศาสตร์นั้น เป็นหัวข้อที่สมบูรณ์แบบในการศึกษาจิตวิทยาของวิทยาศาสตร์ และมันยังเป็นโครงการที่ไม่เคยมีมาก่อน แต่มันไม่ง่ายและถูกเลยที่จะสังเกตภาพการทำงานของสมองแบบเวลาจริงในขณะที่กำลังให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หรือในขณะที่กำลังแก้ปัญหาอยู่ มีนักจิตวิทยาจำนวนหนึ่งที่เริ่มที่จะตรวจสอบ เช่น Jonathan Fugelsang and Kevin Dunbar พบว่า ผู้คนจะให้ความสนใจมากขึ้นกับประจักษ์พยานเมื่อมันมีทฤษฎีที่พอจะเชื่อถือได้ในการอธิบาย เมื่อเทียบกับอีกอันที่ไม่มีทฤษฎีอธิบายได้ และพวกเขายังค้นพบอีกว่าเมื่อข้อมูลถูกรวบรวมเข้ากับทฤษฎี กระบวนการที่เกิดขึ้นในรอบๆ สมองส่วน Hippocampus ซึ่งเป็นศูนย์การเรียนรู้และความจำจะถูกกระตุ้น แต่ถ้าข้อมูลไม่ถูกจับคู่เข้ากับทฤษฎีกระบวนการทางสมองที่อยู่บริเวณ Prefrontal cortex ที่เกี่ยวข้องกับการตรวจจับข้อผิดพลาด ความสนใจ และการติดตามไตร่ตรองจะถูกกระตุ้นแทน Osherson et al. (1998, อ้างถึงใน Feist, 2011) ตรวจสอบบริเวณของสมองที่ใช้ในการให้เหตุผลเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ที่เขาเรียกว่า กรให้เหตุผลแบบอุปนัย (Inductive reasoning) และ การให้เหตุผลเชิงความน่าจะเป็น (Probabilistic reasoning) ระหว่างใช้ในงานเกี่ยวกับการควบคุมภาระงานในการรู้เรื่องภาษา แล้วพบว่าการให้เหตุผลทั้ง 2 ลักษณะจะไปกระตุ้นการทำงานของสมองส่วน Prefrontal brain ที่เกี่ยวกับความสนใจและการจดจำ

Osborne (2013) ให้ความหมายของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ว่า เป็นความสามารถที่บุคคลหนึ่งระบุได้ว่าทำไมจึงต้องดำเนินการหย่างหนึ่งอย่างใดเพื่อให้ได้มาซึ่งการกระทำการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ การกล่าวอ้าง หรือข้อมูล สามารถตัดสินข้อสงสัย อธิบายได้ว่าทำไมจึงตัดสินเกี่ยวกับข้อสงสัยนั้นได้ซึ่งอาศัยโมเดล ประจักษ์พยาน องค์ความรู้เชิงวิทยาศาสตร์เป็นฐาน

Bolduc (2014) กล่าวว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์คือการที่บุคคลสามารถอธิบายถึงปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์ที่มีการอธิบายอย่างเฉพาะเจาะจงในปรากฏการณ์นั้นๆ มีการพรรณนาวิธีการของสิ่งที่ใช้แทนความน่าจะเป็นของกระบวนการสืบสอบ และพรรณนาวิธีการสร้างการลง

ความเห็นจากสิ่งแทนของความน่าจะเป็น พร้อมเสนอแนวทางการพิสูจน์ข้อเท็จจริงนั้นด้วยวิธีการที่หลากหลายและตรวจสอบได้อย่างตรงไปตรงมา

Mayer et al. (2014) ได้ระบุไว้ว่าคนที่มีทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จะต้องสามารถสร้างสมมติฐานของบุคคล ทดสอบสมมติฐานอย่างเป็นระบบโดยผ่านการปฏิบัติการทดลอง ทดสอบความเป็นไปได้ของสมมติฐาน และสร้างสมมติใหม่เมื่อสมมติฐานเดิมถูกปฏิเสธได้

Dennis, Dorsey, and Gitlow (2015) กล่าวว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์นั้นเป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการพิจารณาการแทรกแซงโดยมีประจักษ์พยานเป็นฐาน (Evidence – based intervention) ซึ่งจะส่งผลต่อปัญหานั้นๆ ที่ผู้คนจะต้องเผชิญหน้า และการใช้การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ต้องการการคิดที่กว้างขึ้นเกี่ยวกับการที่ผู้คนคิดได้ว่าจะทำอะไรแล้วจะส่งผลถึงอะไร การพิจารณาอาจจะต้องไม่มองเพียงแค่สิ่งที่อยู่ตรงหน้าแต่ต้องมองถึงปัจจัยแวดล้อมที่ส่งผลกระทบได้ เช่น การจะสร้างโถงทางเดินก็จะต้องพิจารณาไปถึงหน้าต่างกระจกด้านข้างด้วย เพื่อที่จะช่วยในการควบคุมอุณหภูมิและแสดงสว่างของห้อง เป็นต้น ซึ่งการที่จะออกแบบโถงทางเดินให้ดี ไม่ได้มีประโยชน์ต่อกระบวนการล่อมเกลาทางสังคมเท่านั้น แต่มันยังเกี่ยวข้องไปถึงเรื่องของเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมอีกด้วย เช่น การควบคุมความร้อน การระบายอากาศ การควบคุมอุณหภูมิ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพสูงสุดของการใช้พลังงาน

โดยสรุป การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง การคิดที่มุ่งไปสู่การพิสูจน์ และตัดสินด้วยเหตุและผลที่เกิดขึ้นเชิงวิทยาศาสตร์ โดยใช้กระบวนการอนุมาน การพยากรณ์ การสร้างสมมติฐาน การวางแผนการทดสอบด้วยวิธีการที่นักวิทยาสตร์เชื่อถือได้ การทดสอบสมติฐานหรือปรากฏการณ์อย่างมีเหตุผล การประเมินประจักษ์พยาน การลงความเห็น และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีกับหลักฐานเชิงประจักษ์

6.2 องค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

Timmerman et al. (2010) กล่าวว่า การที่บุคคลใดบุคลลหนึ่งจะแสดงความสามารถในการให้เหตุผลได้นั้นต้องแสดงออกผ่านทักษะย่อยๆ ได้แก่ การตั้งสมมติฐาน (Pose hypothesis) การวางแผนการทดลอง (Experimental design) และการสรุปที่ตั้งอยู่บนข้อมูล (Conclusion based on data) ซึ่งสามารถวัดได้ด้วยวิธีการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific writing) โดยมีรายละเอียดดังนี้

การตั้งสมมติฐาน (Pose hypothesis) หมายถึง การพยากรณ์ที่นำไปสู่การพิสูจน์ได้ในเชิงวิทยาศาสตร์ และไม่ละเลยที่จะอธิบายถึงสมมติฐานทางเลือกที่เกิดขึ้น ซึ่งมีความชัดเจนและชี้ให้เห็นประเด็นของปัญหาและตั้งอยู่บนองค์ความรู้ที่สามารถเข้าใจได้ในเชิงวิทยาศาสตร์โดยมีทฤษฎีรองรับ

การวางแผนการทดลอง (Experimental design) หมายถึง การออกแบบวิธีการพิสูจน์ข้อเท็จจริงที่ตั้งไว้ โดยมีการใช้ข้อมูลจากแหล่งที่หลากหลาย ซึ่งใช้ทักษะการสังเกตอย่างชำนาญและถือตามระเบียบวิธีทางวิทยาศาสตร์ที่แต่เป็นวิธีการที่เรียบง่ายไม่ซับซ้อนซึ่งรวมไปถึงการสร้างระเบียบวิธีใหม่ขึ้นด้วย

การสรุปที่ตั้งอยู่บนข้อมูลที่มีอยู่ (Conclusion based on data) หมายถึง การสร้างข้อสรุปจากข้อมูลที่เป็นจริงเชิงประจักษ์โดยใช้ตรรกะในการกล่าวอ้างหรือตีความ

สิทธิศักดิ์ จินดาวงศ์ (2555) กล่าวว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของบุคคลประกอบไปด้วยความสามารถย่อย 5 ความสามารถ ได้แก่

1. ความสามารถในการควบคุมตัวแปร (Controlling ability) หมาย ถึงความสามารถที่แสดงถึงการออกแบบการทดลอง โดยการควบคุมตัวแปรอื่นๆ ได้

2. ความสามารถในการแสดงโอกาส (Probabilistic ability) หมายถึง ความสามารถในการสรุป อธิบายปรากฏการณ์ใดๆ บนพื้นฐานของทฤษฎีความน่าจะเป็นได้

3. ความสามารถในการแสดงสัดส่วน (Propotional ability) หมายถึง ความสามารถในการอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ในเชิงคณิตศาสตร์ได้

4. ความสามารถในการแสดงความสัมพันธ์ (Correlational ability) หมายถึง ความสามารถในการแปรผลการศึกษาโดยคำนึงถึงปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กัน

5. ความสามารถในการสรุปผล (Generalized ability) หมายถึง ความสามารถในการสร้างข้อสรุปทั่วไป ที่นอกเหนือไปจากการทดลองหรือเงื่อนไขที่กำหนดและประยุกต์ใช้สร้างข้อสรุปใหม่ที่เหมะสม

พงศ์พรหม พรเพิ่มพูน (2556) กล่าวว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ประกอบไปด้วย 3 พฤติกรรมบ่งชี้ ดังนี้

1. สามารถคาดคะเน หรือพยากรณ์ จากข้อมูล หลักฐาน ประจักษ์พยาน หรือข้อสรุปที่สอดคล้องกับข้อมูลดังกล่าวได้

2. สามารถระบุข้อมูล หลักฐาน หรือประจักษ์พยานได้

3. สามารถในการสร้างข้อสรุปที่สมเหตุสมผลบนพื้นฐานของประจักษ์พยานหรือข้อมูล หรือประเมินข้อสรุปที่ผู้อื่นสร้างขึ้นว่าสอดคล้องกับประจักษ์พยานที่มีหรือไม่

จุฬาลักษณ์ ยิ้มดี (2556) กล่าวว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ประกอบไปด้วย 3 พฤติกรรมบ่งชี้ ได้แก่

1. ระบุสาเหตุของปัญหา
2. ระบุวิธีการสำรวจตรวจสอบที่นำไปสู่การลงข้อสรุป
3. ระบุข้อสรุปของสถานการณ์โดยใช้ข้อเท็จจริงและหลักฐานเชิงประจักษ์

Osborne (2013) กล่าวว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นการให้เหตุผลด้วยองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เช่น มโนมติ ข้อเท็จจริง และทฤษฎีต่างๆ ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการหลักๆ 3 ขั้นตอน ได้แก่ การตั้งสมมติฐาน (Hypothesizing) การทดลอง (Experimentation) และการประเมินประจักษ์พยาน (Evidence evaluation) ซึ่งขั้นตอนดังกล่าวนี้ต้องใช้องค์ความรู้ 3 ชนิด คือ องค์ความรู้เกี่ยวกับเนื้อหา (Content knowledge) องค์ความรู้เชิงระเบียบวิธี (Procedural knowledge) และองค์ความรู้เกี่ยวกับความจริง (Epistemic knowledge) เป็นฐานในการดำเนินการตามกระบวนการ ซึ่งเขาได้กล่าวขยายความเกี่ยวกับองค์ความรู้เกี่ยวกับความจริงไว้ว่า

องค์ความรู้เชิงระเบียบวิธี (Procedural knowledge) หมายถึง องค์ความรู้ที่บุคคลตอบได้ว่าต้องทำอะไรบ้าง ทราบถึงวิธีการที่ถูกต้องและน่าเชื่อถือ

องค์ความรู้เกี่ยวกับความจริง (Epistemic knowledge) หมายถึง องค์ความรู้ระดับอภิปัญญา (Meta level knowledge) ซึ่งเป็นการที่บุคคลทราบได้ว่ากระทำแบบนั้นเพาะเหตุใด ทราบว่ารู้ได้อย่างไรว่าต้องกระทำเช่นนั้น ทราบได้อย่างไรว่าตนเองรู้ซึ่งต้องใช้มโนมติ และความจริงเชิงวิทยาศาสตร์เป็นฐานในการคิด เช่น การใช้ข้อมูลในการสนับสนุนการตีความและการสรุปข้อค้นพบในห้องปฏิบัติการเกี่ยวกับพฤติกรรมของวัสดุยืดหยุ่นด้วยกฎของฮุค เป็นต้น

Nowak et al. (2013) กล่าวว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ประกอบไปด้วย 6 ความสามารถย่อย ได้แก่

1. ความสามารถในการตั้งคำถามที่สามารถตอบได้ด้วยวิทยาศาสตร์
2. ความสามารถในการสร้างสมมติฐานที่สามารถพิสูจน์ได้ว่าจริงหรือเท็จด้วยการสืบสอบ

3. ความสามารถในการวางแผนการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบไปด้วย การเลือกอุปกรณ์ที่เหมาะสม การระบุตัวแปร และการบันทึกข้อมูลอย่างเหมาะสม

4. ความสามารถในการกระทำการสืบสอบ ซึ่งประกอบไปด้วย การเตรียมวัสดุอุปกรณ์เพื่อสืบสอบ การวัดและการเลือกข้อมูล

5. ความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งประกอบไปด้วย การเลือก การนำเสนอ การสื่อสารและตีความข้อมูล

6. ความสามารถในการสะท้อนผลการสืบสอบ ซึ่งรวมถึง การสะท้อนกระบวนการที่ใช้สืบสอบ ทฤษฎีที่ใช้ ผลลัพธ์และการพยากรณ์สำหรับการสืบสอบได้ในอนาคต

Mayer et al. (2014) กล่าวว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์นั้นเกี่ยวข้องกับกระบวนการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific inquiry process) ที่ได้แก่ การสร้างสมมติฐาน (Hypothesis generation) การทดลอง (Experimentation) การประเมินประจักษ์พยาน (Evidence evaluation) และการลงความเห็น (Inference) ยิ่งไปกว่านั้นการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ยังมีความสัมพันธ์กับความเข้าใจในการใช้กลยุทธ์ของความจริง (Metastrategic understanding) ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

การสร้างสมมติฐาน (Hypothesis generation) หมายถึง การพยากรณ์อิทธิพลของตัวแปรอิสระที่จะส่งผลต่อตัวแปรตาม

การทดลอง (Experimentation) หมายถึง กระบวนการแก้ปัญหาที่นำไปสู่การได้มาซึ่งข้อสรุป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประเมินประจักษ์พยาน (Evidence evaluation) หมายถึง การประเมินสิ่งที่ได้จากการทดลอง หรือสังเกตุโดยปราศจากความเชื่ออื่น

การลงความเห็น (Inference) หมายถึง การข้อค้นพบที่บุคคลได้รับจากการแก้ปัญหาและประเมินประจักษ์พยานที่ได้มา

ความเข้าใจในการใช้กลยุทธ์ของความจริง (Metastrategic understanding) หมายถึง ความเข้าใจและการรับรู้ธรรมชาติและสิ่งจำเป็นของภาระงานแต่ละแบบ เข้าใจในศักยภาพของกลยุทธ์แต่ละรูปแบบ เช่น การใช้กลยุทธ์ในการควบคุมตัวแปรต่างๆ

Acar (2014) กล่าวว่า ประกอบไปด้วยทักษะการให้เหตุผลซึ่งเนื้อหามีความอิสระแต่ขึ้นอยู่กับระยะของพัฒนาการ กล่าวได้ว่า การให้เหตุผลเป็นสมรรถนะหนึ่งของทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific reasoning skills) เช่น การควบคุมตัวแปร การให้เหตุผลเชิงสัดส่วน

(Proportional reasoning) การให้เหตุผลจากเส้นทางที่มากที่สุด (Combinatorial reasoning) การให้เหตุผลเชิงสมมติฐาน (Hypothetical reasoning) ซึ่งล้วนแล้วแต่ไม่ขึ้นต่อเนื้อหาของวิชาชีพ แต่ขึ้นอยู่กับพัฒนาการของผู้เรียน

6.3.แนวทางการประเมินทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

Tsui and Treagust (2009) ได้พัฒนาแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในเนื้อหาพันธุกรรม พบว่าแบบทดสอบแบบ 2 ชั้น สามารถใช้ได้ดีในการวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ดีโดยจุดเด่นของแบบทดสอบแบบดังกล่าว คือ เน้นให้ผู้เรียนระบุทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ได้อย่างถูกต้อง

Timmerman et al. (2010) ศึกษาและพัฒนาแบบประเมินการประเมินการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักศึกษา จากการประเมินคุณภาพของรายงานการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ โดยมีหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับการประเมิน ได้แก่ 1) การเขียนบทนำ 2) สมมติฐาน 3) ระเบียบวิธีการ 4) ผลการศึกษา 5) การอภิปรายผล 6) คุณภาพของการเขียน

Feist (2011) กล่าวว่า เมื่อผู้คนกำลังให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ หรือแก้ปัญหาจะเกิดการกระตุ้นสมองส่วนฮิปโปแคมปัส และส่วนคอร์เทกซ์กลีบหน้าผากส่วนหน้าซึ่งจะเกิดได้ก็ต่อเมื่อบุคคลนั้นสามารถจับคู่ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์เข้ากับประจักษ์พยานได้ และสามารถตรวจวัดได้ด้วยภาพถ่าย MRI

Moshman (2011) กล่าวว่า การประเมินการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สามารถทำได้โดยการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ตั้งสมมติฐาน ใช้ประจักษ์พยาน และองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องในการอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น

จุฬาลักษณ์ ยิ้มดี (2556) ได้พัฒนากิจกรรมเพื่อพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายโดยใช้แบบทดสอบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยมีหัวข้อประเมิน ได้แก่ 1) ระบุสาเหตุของสถานการณ์ปัญหา 2) ระบุวิธีการสำรวจตรวจสอบที่นำไปสู่การลงข้อสรุป 3) ระบุข้อสรุปของสถานการณ์โดยใช้ข้อเท็จจริงและหลักฐานเชิงประจักษ์

Osborne (2013) กล่าวว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สามารถวัดได้จากการทำแบบทดสอบแบบ 2 ชั้น ที่มีสถานการณ์ปัญหาให้สังเกตุ ออกแบบและดำเนินการทดลองโดยอาศัย

องค์ความรู้เชิงขั้นตอน ตรวจวัดปริมาณ ทดสอบ โต้แย้งด้วยหลักการทางวิทยาศาสตร์ ให้เหตุผลผ่านโมเดล และวิจารณ์โดยใช้องค์ความรู้ที่เกี่ยวกับความจริง (Epistemic knowledge)

Mayer et al. (2014) กล่าวว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาสามารถตรวจวัดได้ด้วยการสอบด้วยแบบทดสอบ ซึ่งแบบทดสอบจะต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงออกถึงทักษะการตั้งสมมติฐาน การควบคุมการทดลองด้วยอุปกรณ์หรือสถานการณ์จำลอง

Meindertsma, van Dijk, Steenbeek, and van Geert (2014) ศึกษาเกี่ยวกับระดับความยาก และความเหมาะสมของภาระที่ใช้ในการประเมินทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สำหรับเด็กก่อนปฐมวัย พบว่า ว่าภาระที่ผู้เรียนสามารถทำนายได้อย่างถูกต้อง คือ แทงค์น้ำ (Water tank) และ กระบอกฉีดยาเชื่อมกัน (Link syring) และภาระที่มีความซับซ้อนเหมาะสมคือ แทงค์น้ำและรถบรรทุกหินอ่อน (Marble truck)

โดยสรุป การประเมินการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สามารถทำได้ 2 วิธี ได้แก่ 1) การเขียนรายงานผลการทดลอง และ 2) การประเมินผ่านการสอบด้วยแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ตั้งสมมติฐาน ออกแบบและควบคุมการทดลอง ประเมินประจักษ์พยานด้วยองค์ความรู้เชิงวิทยาศาสตร์ และใช้องค์ความรู้เกี่ยวกับความจริง

6.4 รูปแบบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

Bolduc (2014) ได้วิจัยเอกสารที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จากนักการศึกษารุ่นก่อนหน้า เพื่อที่จะพยายามสรุปและระบุรูปแบบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งผลการวิเคราะห์ทำให้ทราบว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มี 2 รูปแบบ ซึ่งแต่ต่างกันด้วยความซับซ้อนของการอธิบายเหตุผล ดังนี้

1) การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบวงแคบ (Narrow style of scientific reasoning) เป็นการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ประกอบไปด้วยการอธิบายอย่างเฉพาะเจาะจงในปรากฏการณ์นั้นๆ มีการพรรณนาวิธีการของสิ่งที่ใช้แทนความน่าจะเป็นของกระบวนการสืบสอบ และพรรณนาวิธีการสร้างการลงความเห็นจากสิ่งแทนของความน่าจะเป็น เช่น เมื่อต้องการจะอธิบายโครงสร้างของผลึกโปรตีนนักวิทยาศาสตร์จะต้องทำการศึกษา 3 ครั้ง ครั้งที่หนึ่งศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์แรงอะตอม (Atomic force microscope) เพื่อให้ได้ภาพจากการทดลอง ครั้งที่สองสร้างโมเดลการจัดเรียงอะตอมภายในโมเลกุลของโปรตีนเพื่อดูการบิดม้วนในขณะเกิดเป็นเปปไทด์ ครั้งที่ 3 นำภาพที่ได้จากการทดลองทั้ง 2 ซึ่งจากการให้ผลแบบดังกล่าวเป็นการลงข้อสรุปของสิ่งแทน

ปรากฏการณ์ ซึ่งมีทั้งการอธิบายการตรวจสอบข้อสรุปโดยเป็นไปตามธรรมชาติของการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์แต่ยังมีข้อจำกัดบ้างในแง่การไม่มีทางเลือกในการตรวจสอบโดยทดลองด้วยวิธีการเดียวกันแต่เลือกใช้กับการอธิบายปรากฏการณ์อื่นๆ

2) การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบกว้างขวาง (Board style of scientific reasoning) เป็นการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ซับซ้อนมากขึ้นโดยมีการเสนอถึงความเป็นไปได้ในการที่จะพิสูจน์ข้อสรุปโดยใช้ วิธีการอื่นๆ ที่มากกว่า 2 วิธี เพื่อศึกษาปรากฏการณ์เดียวกันทั้งยังเสนอความเป็นไปได้ที่จะทดลองใช้วิธีการเดียวกันนี้ไปทดลองกับปรากฏการณ์อื่นๆ อีกด้วยเพื่อหาข้อสรุป

ความสัมพันธ์ของการให้เหตุผลทั้ง 2 รูปแบบแสดงดังภาพที่ 12

การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบวงแคบ

การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบกว้าง

การเสนอถึงความเป็นไปได้ในการที่จะพิสูจน์ข้อสรุปโดยใช้ วิธีการอื่นๆ ที่มากกว่า 2 วิธี เพื่อศึกษาปรากฏการณ์เดียวกัน ทั้งยังเสนอความเป็นไปได้ที่จะทดลองใช้วิธีการเดียวกันนี้ไปทดลองกับปรากฏการณ์อื่นๆ อีกด้วยเพื่อหาข้อสรุป

มีการพรรณนาวิธีการของสิ่งที่ใช้แทนความน่าจะเป็นของกระบวนการสืบสอบ และพรรณนาวิธีการสร้างการลงความเห็นจากสิ่งแทนของความน่าจะเป็น

ภาพที่ 12 ความเหมือนและแตกต่างของรูปแบบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (Bolduc, 2014)

6.5 งานวิจัยทีเกี่ยวกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

Tsui and Treagust (2009) วิจัยและพัฒนาเครื่องมือที่จะวัดทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ผ่านการให้เหตุผลเชิงพันธุศาสตร์แบบ 2 ชั้น ขั้นโดยในข้อสอบแต่ละข้อจะมุ่งวัดใน 2 มิติ ได้แก่ 1) ลักษณะการให้เหตุผล 2) ความซับซ้อนของเนื้อหาเรื่องพันธุศาสตร์ ผลการพัฒนา

พบว่าผู้เรียนที่ได้คะแนนเต็มจากการทดสอบสามารถสร้างผังมโนมติได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์เช่นเดียวกัน ซึ่งบอกเป็นนัยว่าข้อสอบแบบ 2 ชั้น สามารถนำมาประยุกต์ให้เพื่อวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้

Timmerman et al. (2010) ได้วิจัยและสร้างเกณฑ์การให้คะแนนที่เก็นสากลสำหรับการประเมินการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการเขียนรายงานผลการวิจัยของนักศึกษามหาวิทยาลัย โดยมีเกณฑ์ 4 ระดับ ได้แก่ 1) ไม่ตรงนัก 2) เริ่มต้น 3) ปานกลาง และ 4) มืออาชีพ ซึ่งมีเงื่อนไขที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ บริบทของบทนำ ความถูกต้องและความเกี่ยวเนื่องของบทนำ สมมติฐานที่สามารถทดสอบได้คุณค่าในเชิงวิทยาศาสตร์ของสมมติฐาน การควบคุมและกรทำซ้ำการทดลอง การออกแบบการทดลอง การเก็บรวบรวมข้อมูล การนำเสนอข้อมูล การวิเคราะห์เชิงสถิติ การอภิปรายบนพื้นฐานของข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้ การอภิปรายแนวคิดทางเลือก การอภิปรายข้อจำกัดของการทดลอง การอภิปรายนัยสำคัญของผลวิจัย และการใช้เอกสารชั้นต้น

Gruber and Dickerson (2012) ศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลของสื่อที่ใช้ประกอบการสอนที่มีต่อการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยต่อยอดจากงานวิจัยของ McCabe and Castel (2008 อ้างถึงใน Gruber and Dickerson, 2012) ที่พบว่า ภาพของสมองมีอิธิพลต่อความน่าเชื่อถือของการรับรู้ของงานวิจัยทางด้านประสาทวิทยาที่เกี่ยวกับการคิด และสร้างกรณีศึกษาซึ่งผลของมันจะแสดงให้เห็นถึงการบอกใบ้เชิงจริยธรรมเมื่อภาพของสมองมีบทบาทสำคัญในการค้นพบทางวิทยาศาสตร์ และงานวิจัยนี้ได้ต่อยอดในเรื่องของการทดสอบผลของตัวแทนทางวัฒนธรรมของสมองที่มีต่อวิธีที่ผู้รับชมอาจจะใช้ในการประเมินข้อค้นพบเชิงวิทยาศาสตร์ โดยได้เพิ่มสื่อและวัฒนธรรมที่แปลกใหม่ที่จะสามารถทำให้ผู้ชมเข้าใจความหมายเชิงวิทยาศาสตร์นั้นได้อย่างแพร่หลาย ซึ่งวิจัยนี้เป็นวิจัยเชิงทดลองที่สอดแทรกรูปภาพของสมองลักษณะต่างๆ เพื่อพิสูจน์ว่ามีผลอย่างไรต่อการรับรู้ของผู้เรียน โดยเครื่องมือที่ใช้ได้แก่ 1) แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งสอดแทรกคำถามเกี่ยวกับความน่าเชื่อถือของภาพลงไปด้วย 2) แบบสอบถามว่าภาพแบบไดดีในเชิงของการรับรู้ 3) แบบสอบถามปลายเปิดเกี่ยวกับเหตุผลที่เขาให้คะแนนภาพ สถิติที่ใช้ คือ t-test เพื่อทดสอบสมมติฐานทั้ง 3 ข้อ ผลการวิจัยบ่งชี้ว่า บทความที่มีภาพ fMRI มีคะแนนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (Reasoning) ความน่าเชื่อถือ (Credible) ความเชื่อถือได้ (Authoritative) และการเป็นบทความที่ดี (Well - written) ไม่แตกต่างกับบทความที่ไม่มีภาพสมอง บทความที่มีภาพอื่นๆ ที่ไม่ใช่ fMRI (แบบมาจากหนัง sci-fi และแบบแฟนตาซี) มีคะแนนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ความน่าเชื่อถือ ความเชื่อถือได้ และการเป็นบทความที่ดี ไม่แตกต่างกับภาพแบบ fMRI บทความที่มีภาพจากหนังนิยายวิทยาศาสตร์ มีคะแนนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ความน่าเชื่อถือ ความเชื่อถือ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ได้ และการเป็นบทความที่ดี ไม่แตกต่างกับภาพแบบแฟนตาซี และผู้ตอบแบบสอบถาม 1.2% บอกว่า ยิ่งมีภาพมากขึ้นจะยิ่งทำให้น่าเชื่อถือมากขึ้น ในกรณีของภาพแบบแฟนตาซี ผู้ตอบกล่าวว่า บทความจะน่าเชื่อถือมากขึ้นถ้าใช้ภาพที่ได้มาจากการศึกษาจริง

Mauldin (2012) นำเสนอวิธีการใหม่ในการสอนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการเขียนให้กับนักศึกษาสาขาวารสารวิทยาศาสตร์ (Science journalism) ซึ่งได้แสดงให้เห็นถึงวิธีการทางกลยุทธ์และคำอธิบายของ ลักษณะของโมเดลการทดลอง 7 โมเดล จากนั้นได้นำเสนอเกณฑ์การให้คะแนน (Rubric) สำหรับประเมินคุณภาพของการให้เหตุผล ซึ่งนักเขียนบทความวิทยาศาสตร์สามารถใช้แผนผังนี้เพื่อระบุรูปแบบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ โดยวิธีการทดลองเริ่มจากกลุ่มตัวอย่างจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับรูปแบบของการให้เหตุผลทั้ง 7 รูปแบบ ในช่วงต้นภาคการศึกษา และงานที่นักศึกษาได้คืออ่านบทความวิจัยทางวิทยาศาสตร์ และจะต้องวิเคราะห์ใน 2 ประเด็น ได้แก่ 1) หัวข้อเป็นธรรมชาติบริสุทธ์ หรือหลักการพื้นฐานของธรรมชาติ ซึ่งเป็นการตอบคำถามว่าโลกนี้ทำงานได้อย่างไรมากกว่าการแก้ไขปัญหา และจะต้องจำแนกให้ได้ว่าเป็นวิทยาศาสตร์บริสุทธิ์หรือวิทยาศาสตร์ประยุกต์ อีกทั้งในบทความจะต้องมีการทดลองทางวิทยาศาสตร์เกิดขึ้นจริง และ 2) ใช้เกณฑ์ต่อไปนี้ในการประเมินบทความที่ตนเองอ่าน

1) วัตถุประสงค์ ชัดเจน มุ่งที่ประเด็นหลักของการศึกษา ปัญหาใดที่จะได้รับการแก้หรือมุมมองไหนที่โลกปัจจุบันกำลังศึกษา

2) โมเดล มีโมเดล ทฤษฎี หรือสมมติฐาน ที่มีความชัดเจน

3) การออกแบบการทดลอง มีการรายงานวิธีการทดลอง และออกแบบการทดลอง

4) การพยากรณ์ มีการพยากรณ์เชิงวิทยาศาสตร์

5) ข้อมูล มีข้อมูลที่เกี่ยวข้องอย่างชัดเจน ถ้าเป็นการศึกษาเชิงปริมาณต้องแสดงค่าเป็นตัวเลข

6) การสรุปผล มีการสรุปผลตามวัตถุประสงค์

7) ความเป็นเหตุเป็นผล เป็นเกณฑ์ที่ใช้พิจารณาว่าข้อมูลที่ได้นำไปสู่การพัฒนาโมเดลหรือไม่หรือข้อมูลที่ได้เป็นผลมาจากการทดลองเพื่อพิสูจน์โมเดลหรือไม่

จากนั้นนำมาให้คะแนนแล้วจัดอันดับของการเขียนและให้เหตุผลในระดับ 1 – 5 และผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า บทความที่กลุ่มตัวอย่างได้อ่านมีคะแนนสูงในการเขียน วัตถุประสงค์ สรุปผล และความเป็นเหตุเป็นผล แต่ที่คะแนนต่ำคือการพยากรณ์ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ขาดหายไป อีกทั้งผลการวิเคราะห์ชนิดของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จากบทความวิจัยทั้งหมด 38 บทความ พบว่าโมเดลการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบใช้หลักฐานเชิงบวก (One model, Positive evidence) ถูกใช้มากที่สุด (ร้อยละ 51) รองลงมาเป็นโมเดลพัฒนาแบบไม่มีการทดสอบโมเดลใหม่ (Model development no test of new model) ร้อยละ 29 และโมเดลที่ไม่มีการใช้เลยคือโมเดลแบบที่สรุปผลการทดลองที่สำคัญไม่ได้

ดารารัตน์ นกขุนทอง (2546) ศึกษาผลการใช้ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์เรื่องชีวิตกับสิ่งแวดล้อม ตามแนวคิดวงจรการเรียนรู้ที่มีต่อความเข้าใจมโนทัศน์ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนปากช่องจังหวัดนครราชสีมา พบว่าการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังใช้ชุดกิจกรรมที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นตามแนวคิดวงจรการเรียนรู้สูงกว่าก่อนใช้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

Scherer, Greiff, and Hautamäki (2015) ศึกษา ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน ความสามารถในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน การเหตุผลเชิงนิรนัย และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

Mayer et al. (2014) ศึกษาถึงตัวแปรด้านความสามารถด้านการคิดอื่นๆ ที่อาจมีความสัมพันธ์กับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กับเชาน์ปัญญา (Intelligence) ความเข้าใจในการอ่าน (Reading comprehension) ทักษะด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial ability) และทักษะการแก้ปัญหา (Problem-solving) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Kempert and Hardy (2014) ทำการศึกษาอิทธิพลของการใช้ 2 ภาษาในชีวิตประจำวันที่มีต่อการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยวิจัยนี้เผยให้เห็นถึงผลของการใช้ภาษาในชีวิตประจำวันที่มีผลต่อพัฒนาการด้านการคิดของเด็กและผู้ใหญ่ ซึ่งเชื่อว่าการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ถูกพัฒนาขึ้นเนื่องจากมีการใช้ 2 ภาษาอย่างเป็นประจำ และศึกษาว่าผลของการทำงานที่ถูกพัฒนาขึ้นนั้นมีความสัมพันธ์กับสมรรถนะด้านการใช้ 2 ภาษาในบริบทของภาระงานการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific reasoning task) หรือไม่ รูปแบบการทดลองเป็นแบบวิจัยกึ่งทดลองที่จะเปรียบเทียบความสามารถด้านภาษา (Language proficiency) ความสามารถที่เกี่ยวกับกระบวนการคิด (Cognitive ability) และการทำงานแบบพิเศษ ระหว่างนักเรียนโรงเรียนประถมศึกษาที่ใช้ภาษาเดียวกับนักเรียนโรงเรียนประถมศึกษาที่ใช้ 2 ภาษา จำนวน 57 คน โดยใช้ ภาระในการให้เหตุผลที่ดัดแปลงจาก Kuhn and Pease (2006, อ้างถึงใน Kempert and Hardy, 2014) ผลการวิจัยพบว่าคะแนนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กับความสามารถที่เกี่ยวกับการคิดอย่าง

มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และพบว่าการที่ผู้เรียนใช้ 2 ภาษาในชีวิตประจำวันก็ไม่ได้ทำให้มีความสามารถที่เกี่ยวกับการคิดแตกต่างกัน

Thuneberg et al. (2014) วิจัยเกี่ยวกับอิทธิพลของเพศ และอายุ ที่มีผลต่อการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ผลวิจัยเผยให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในโรงเรียน ระหว่างโรงเรียน และระหว่างระดับชั้น ชั้นเรียน 15 ชั้นเรียนจาก 7 โรงเรียน ในเมืองหลวง และภาคตะวันออกของฟินแลนด์ โดยการใช้ภาระกิจการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ดัดแปลงมาและแผนภาพการควบคุมตัวแปร การวิเคราะห์ข้อมูลใช้ MLwiN2.10 multilevel modelling และประเมินโดยใช้ CVS (Control variable schema) GPA ถูกนำมาใช้ในการพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และนอกจากนี้พวกเขายังมีจุดประสงค์ที่จะหาอิทธิพลของเพศที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดอย่างนามธรรมอีกด้วย ซึ่งจะตอบคำถามว่าเพศใดที่มีความสามารถมากกว่ากันที่จะพัฒนาต่อไปได้ หรือตอบคำถามว่าเด็กชาย กับเด็กหญิงต้องการสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ที่แตกต่างกันหรือไม่ และพิสูจน์ว่าถ้าการคิดอย่างนามธรรมส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของเด็กชายและเด็กหญิงเท่ากันจริง แสดงว่าอายุเป็นตัวแปรสำคัญที่ส่งผลต่อการคิดอย่างนามธรรมส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผลการวิจัยพบว่าเพศ และอายุ มีอิทธิพลต่อทั้ง GPA และทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นการยืนยันผลการวิจัยของ PISA อีกครั้งที่ชี้นำไปสู่การปฏิบัติที่ว่าควรจัดการเรียนรู้แบบแยกกันทั้ง เพศ ระดับชั้น และโรงเรียน

Gillies et al. (2014) ศึกษาอิทธิพลของกลยุทธ์การตั้งคำถามแบบเมตาคอกนิชันที่มีต่อการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และทักษะการแก้ปัญหาของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 108 คน อายุ 7 ปี จาก 5 โรงเรียน ในเมือง Brisbane ประเทศออสเตรเลีย กลุ่มตัวอย่างถูกสุ่มโดยใช้โรงเรียนเป็นหน่วยการสุ่มให้เข้าสู่ 2 สภาพการทดลอง คือ กลุ่มที่ได้รับการฝึกการตั้งคำถามเชิงเมตาคอกนิชันกับกลุ่มการตั้งคำถามตามคู่มือปกติ โดยมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาว่ามีความแตกต่างกันของบทสนทนาระหว่างกลุ่มหรือไม่และกลยุทธ์ในการตั้งคำถามเมตาคอคนิชันส่งผลต่อการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และทักษะการปัญหาอย่างไร โดยหน่วยการเรียนรู้ที่ใช้คือเรื่อง แรง พลังงาน และการเคลื่อนที่ ใช้เวลาในการทดลอง 10 สัปดาห์ 15 แผนการจัดการเรียนรู้ และจัดให้มีการอภิปรายกันในสัปดาห์ที่ 12 เกี่ยวกับจักรยานที่ได้ออกแบบไว้ โดยการเข้ารหัสของการบทสนทนาได้แบ่งเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ 1) พฤติกรรมการมีปฏิสัมพันธ์ 2) พฤติกรรมช่วยเหลือผู้อื่น 3) พฤติกรรมการตั้งคำถาม และ 4) พฤติกรรมการแก้ปัญหา ผลวิจัยพบว่าผู้เรียนที่ได้รับกลยุทธ์การตั้งถามแบบเมตาคอกนิชันมีการสนทนาในเชิงตั้งคำถามมากขึ้น และยังพบว่ากลยุทธ์การตั้งคำถามแบบเมตาคอกนิชันยังช่วยเพิ่มทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการแก้ปัญหาให้กับผู้เรียนได้อีกด้วย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนาโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง โดยแบ่งขั้นตอนการดำเนินการวิจัยเป็น 6 ระยะ ตามวัตถุประสงค์การวิจัย ดังนี้

ระยะที่ 1 การศึกษาสภาพ ปัญหา ความต้องการในการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

ระยะที่ 2 การพัฒนาโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

ระยะที่ 3 การศึกษาผลการใช้รูปแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

ระยะที่ 4 การนำเสนอโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

ระยะที่ 5 การนำเสนอรูปแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การวิจัยระยะที่ 1 การศึกษาสภาพ ปัญหา ความต้องการในการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

การวิจัยในระยะนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความคิดเห็นของครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นเกี่ยวกับสภาพการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

ประชากรและตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ ครูผู้สอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 28

2. ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ ครูผู้สอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่มัธยมศึกษา เขต 28 จำนวน 105 คน ที่ได้จากการเลือกแบบเจาะจง เนื่องจากสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาเขต 28 เป็นเขตพื้นที่ที่มีผลการทดสอบ PISA ในระดับต่ำ ทำให้อนุมานได้ว่าผู้เรียนเรียนเขตพื้นที่ดังกล่าวมีการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ต่ำด้วยเช่นกัน ดังนั้น ครูผู้สอนในเขตพื้นที่ฯ จึงมีความเหมาะสมกับกับการศึกษาครั้งนี้

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาสถาพการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น คือ แบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

การสร้างและตรวจสอบคุณภาพแบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น มีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

1. ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัจจุบันและที่มาของปัญหาการเรียนการรสอนจากรายงานผลการวิจัยเกี่ยวกับการประเมินการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ การรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ รวมทั้งสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ เพื่อทราบข้อมูลเกี่ยวกับสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการเรียนการสอนทั้งแนวทางในการกำหนดขอบข่ายของรูปแบบการออกแบบและพัฒนาการเรียนการสอนฯ ให้สอดคล้องกับความต้องการของประเทศ

2. ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ความจริงเสมือน สถานการณ์จำลอง การสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ การสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ และกลยุทธ์การโต้แย้ง เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดองค์ประกอบของรูปแบบการออกแบบและพัฒนาการเรียนการสอน โดยมีขั้นตอนการศึกษาวิเคราะห์ดังนี้

2.1 สืบค้นข้อมูลงานวิจัยจากวาสารหลักในช่วงปี 2011 – 2018 เพื่อค้นหานวัตกรรมที่ใช้ในการพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จากวารสารรายนามดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายชื่อวารสารสำคัญทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา เทคโนโลยี และสื่อสารการศึกษา

วารสารด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา	วารสารด้านเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา
Journal of Research in Science Teaching	Internet and Higher Education
CBE Life Sciences Education	Computers and Education
Science Education	Journal of Computer Assisted Learning
Studies in Science Education	International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning
International Journal of Science Education	British Journal of Educational Technology
	Australasian Journal of Educational Technology
	Educational Technology and Society
	Learning, Media and Technology
	International Review of Research in Open and Distance Learning
	Distance Education
	Research in Learning Technology

2.2 คัดเลือกบทความโดยมีเกณฑ์การพิจาณา ดังนี้

1) เลือกเฉพาะงานวิจัยเชิงทดลอง หรือกึ่งทดลองที่มีตัวแปรต้นเกี่ยวข้องกับความจริงเสมือน หรือ สถานการณ์จำลอง หรือ การสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ หรือการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ หรือการโต้แย้ง และตัวแปรตามเกี่ยวกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

2) เลือกเฉพาะงานวิจัยเชิงทดลอง หรือกึ่งทดลองที่มีตัวแปรต้นเกี่ยวข้องกับความจริงเสมือน หรือ สถานการณ์จำลอง หรือการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ หรือการโต้แย้ง และตัวแปรตามเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลอง

2.3 วิเคราะห์องค์ประกอบสำคัญต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง เพื่อใช้ในการกำหนดประเด็นของแบบสอบถาม

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบสำคัญของความจริงเสมือน สถานการณ์จำลอง การสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ การสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ และการโต้แย้ง ที่สามารถส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

วารสาร	ตัวแปรอิสระ				
	ความจริงเสมือน	สถานการณ์จำลอง	การสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์	การสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์	การโต้แย้ง
Journal of Research in Science Teaching	-	-	Mulder et al. (2016)	-	-
Science Education	-	-	Wu et al. (2013)	-	-
International Journal of Science Education	-	-	-	Marušić and Sliško (2012) W. X. Zhang, Y.-S. Hsu, C.-Y. Wang, and Y.-T. Ho (2015)	-
CBE Life Sciences Education	-	-	-	Jensen and Lawson (2011)	-
Studies in Science Education	-	-	-	-	-
Distance Education	-	-	-	-	-
Educational Technology and Society	-	-	-	-	-
Journal of Computer Assisted Learning	-	-	-	-	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบสำคัญของความจริงเสมือน สถานการณ์จำลอง การสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ การสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ และการโต้แย้ง ที่สามารถส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

วารสาร	ตัวแปรอิสระ				
	ความจริงเสมือน	สถานการณ์จำลอง	การสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์	การสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์	การโต้แย้ง
British Journal of Educational Technology	-	-	-	-	-
Learning, Media and Technology	-	-	-	-	-
Computers and Education	-	-	Psycharis (2013)	-	-
Research in Learning Technology	-	-	-	-	-
Australasian Journal of Educational Technology	-	-	-	-	-
Internet and Higher Education	-	-	-	-	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบสำคัญของกลยุทธ์ที่ใช้ในการพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ จากงานวิจัยมีดังนี้

1) องค์ประกอบที่สำคัญของการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ มีดังนี้

Hestenes (1999, อ้างถึงใน Psycharis, 2013) กล่าวว่า ตัวชี้วัดของการสร้างแบบจำลองว่าประกอบไปด้วย

1. โครงสร้างเชิงระบบ (Systemic structure) ที่ระบุได้ถึง องค์ประกอบที่อยู่ในส่วนต่างๆ ของระบบ (Composition) สภาพแวดล้อมที่เชื่อมโยงกับระบบ (Environment) การเชื่อมโยงอิทธิพลขององค์ประกอบภายนอกและภายใน (Connection)

2. โครงสร้างเชิงเรขาคณิต (Geometric structure) ที่ระบุได้ถึง ตำแหน่งที่มีสัดส่วนถูกต้อง โครงร่างภายนอก (Configuration) ที่มีสัดส่วนสัมพันธ์กันในแต่ละส่วน

3. โครงสร้างขั่วคราว (Temporal structure) ที่ระบุได้ถึง การเปลี่ยนแปลงของตัวแปรและคุณสมบัติของระบบ (System properties) แบบจำลองเชิงพรรณนาที่สามารถใช้แทนการเปลี่ยนแปลงนั้นๆ ผ่านสมการภายใต้เงื่อนไขของกฎต่างๆ

4. โครงสร้างปฏิสัมพันธ์ (Interaction structure) ที่ระบุได้ถึง กฎแห่งความสัมพันธ์ที่ส่งผลต่อการเชื่อมโยงสาเหตุไปยังผล ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในรูปฟังก์ชั่น

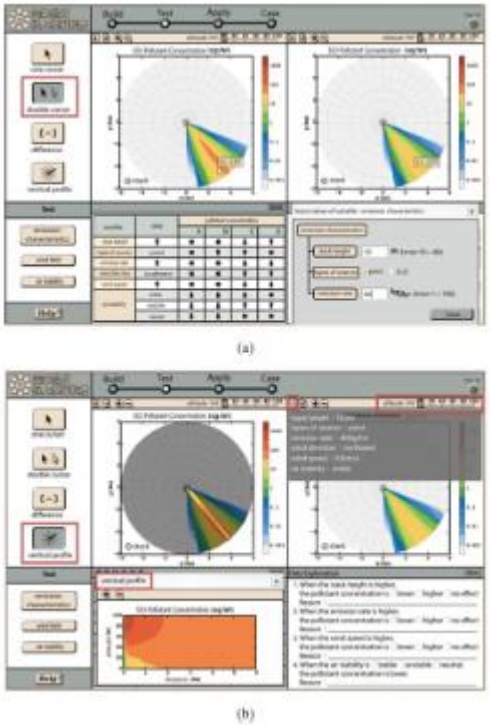
Mulder et al. (2016) ใช้สภาพแวดล้อมทางการเรียนรู้ด้วยการสร้างแบบจำลองโดยใช้คอมพิวเตอร์ในการเป็นตัวช่วยเสริมศักยภาพให้กับผู้เรียนในการพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน โดยสภาพแวดล้อมที่ผู้กลุ่มผู้วิจัยใช้ประกอบไปด้วยเครื่องมือสำคัญในการแก้ไขแบบจำลอง (Model editor) ได้แก่ ตัวสร้างแผนภูมิแท่ง (Bar chart) และ เครื่องมือสร้างกราฟ (Graph tool) ซึ่งเครื่องมือสร้างแบบจำลองนี้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนสร้างสิ่งแทนองค์ความรู้เกี่ยวกับระบบการควบคุมระดับกลูโคสด้วยอินซูลิน ด้วยการคำนวนทางคอมพิวเตอร์ ซึ่งโปรแกรมสามารถจำลองระบบที่เป็นพลวัตได้ ตัวแปรต่างๆ เป็นองค์ประกอบของแบบจำลอง และสามารถแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่ 1) ตัวแปรที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้ เช่น ค่าคงที่ต่างๆ 2) ตัวแปรที่ใช้ผนวกกับตัวแปรอื่นๆ เช่น ตัวแปรช่วย (Auxiliary) และ 3) ตัวแปรที่สามารถสะสมได้ เช่น หุ้น ซึ่งความสัมพันธ์ใช้ในการระบุว่าตัวแปรตั้งแต่ 2 ตัวส่งผลถึงกันอย่างไร และความสัมพันธ์แต่ละรูปแบบใช้ลูกศรเชื่อมโยงเป็นตัวแทนแสดงทิศทางของอิธิพล และยังสามารถเลือกคุณภาพของความสัมพันธ์ได้โดยการเรียกใช้เมนูแบบดรอบดาวน์ (Dropdown menu)

Wu et al. (2013) ศึกษาและค้นพบว่าโปรแกรมที่ช่วยสนับสนุนให้ผู้เรียนสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์เพื่อพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน ประกอบไปด้วย 4 โหมด ได้แก่ สร้างโมเดล (Build) ทดสอบโมเดล (Test) ประยุกต์ใช้โมเดล (Apply) และกรณีศึกษา (Case)

ในโหมดสร้างแบบจำลอง ผู้เรียนสามารถกำหนดตัวแปรหลัก และพยากรณ์ว่าตัวแปรจะมีผลอย่างไต่อความเข้มเข้นของมลพิษในแต่ละพื้นที่ โดยการสร้างสมมติฐานเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ในโหมดนี้ยังแสดงให้เห็นถึงความรู้เดิมของผู้เรียนเกี่ยวกับแบบจำลองการแพร่กระจายอีกด้วย

ในโหมดทดสอบแบบจำลอง ผู้เรียนจะได้ทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ตั้งไว้ทีละตัว จากรายการตัวแปร ในขณะที่ตัวแปรอื่นๆ ถูกควบคุมไว้ หลังจากที่ผุ้เรียนใส่ค่าตัวแปรลงในหน้าต่างป๊อปอัพ จากนั้นจึงกดให้ระบบจำลองสถานการณ์ ซึ่งสถานการณ์จำลองถูกสร้างขึ้นจาก

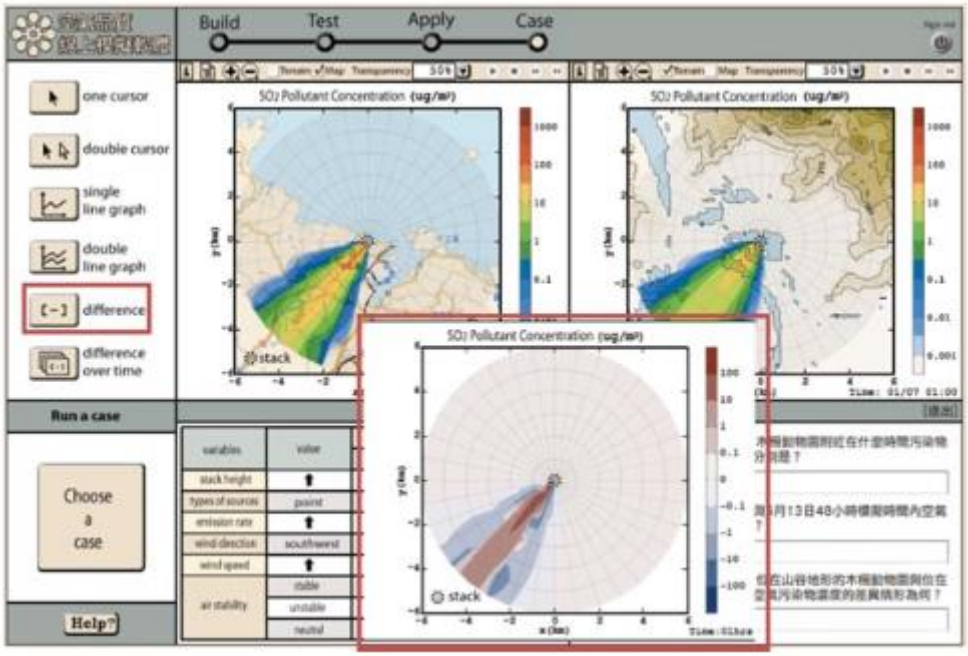
แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์จริง (AERMOD) และตอบสนองต่อผู้ใช้ด้วยลักษณะหน้าจอรหัสสี (Color – coded display) ซึ่ง AERMOD ถูกฝังเข้าไปในเครื่องมือสร้างแบบจำลองเพื่อให้ผู้ใช้พบเจอกับบริบทที่แท้จริงที่จะสาธิตการฝึกให้เหตุผล มากกว่าสืบค้นข้อมูลจากฐานข้อมูล และเครื่องมือจะดำเนินงานสมการของ AERMOD เพื่อสร้างสถานการณ์จำลองเพื่อให้ผู้ใช้ได้ทดสอบและเปรียบเทียบสมมติฐานที่ได้พยากรณ์เอาไว้ นอกจากนั้นในโหมดการทดสอบแบบจำลองนี้ยังเปิดโอกาสให้ผู้เรียนศึกษาผลของการจำลองสถานการณ์แบบ 2 ตัวแปรได้พร้อมๆ กัน และเลือกค่าตัวแปรที่แตกต่างกันได้โดยการคลิกเลือกที่ ไอคอน “i” ที่ด้านบนของหน้าต่างผลการจำลองสถานการณ์ นอกจากนั้นผู้ใช้ยังสามารถกดเลือกปุ่ม “Double cursor” เพื่อควบคุมหน้าจอทั้ง 2 พร้อมๆ กันในการเลือกตำแหน่งสถานที่ได้ ดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 ตัวอย่างหน้าจอในโหมดทดสอบแบบจำลอง

โหมดประยุกต์ใช้ มีหน้าที่ช่วยสนับสนุนผู้ใช้ให้เผชิญกับกระบวนการให้เหตุผลที่อาศัยความชำนาญมากขึ้น ซึ่งในโหมดนี้เป็นการให้ผู้ใช้จัดการกับตัวแปรอิสระทุกทั่วในครั้งเดียวพร้อม ๆ กัน ซึ่งผู้เรียนจะต้องสังเกตผลที่เกิดขึ้นนั้นจากอิทธิพลของตัวแปริงพหุที่มีต่อการแพร่กระจายของมลสารทางอากาศ ซึ่งระหว่างโหมดทดสอบและโหมดประยุกต์ผู้ใช้สามารถเลือกโหมดใดก่อนก็ได้ตามความชอบและความถนัดในการอธิบายความสัมพันธ์

เพื่อเป็นการเชื่อมโยงผลการจำลองสถานการณ์ให้ชัดเจนยิ่งขึ้น ระบบใช้กรณีศึกษาจากเรื่องจริง 6 กรณีศึกษา ซึ่งแต่และกรณีศึกษาประกอบไปด้วยตำแหน่งของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน และสารสนเทศสำคัญของโรงไฟฟ้าแต่ละแห่ง เช่น ความเร็วลม สภาวะอากาศ สถานการณ์ทางภูมิศาสตร์ (Topographical situation) และแผนที่ ผู้ใช้สามารถเลือกกรณีศึกษา และใช้แบบจำลองต่างๆ เพื่อสร้างคำพยากรณ์เกี่ยวกับกรณีศึกษานั้น สืบค้นข้อมูล นำเสนอผล และเปรียบเทียบผลของคำพยากรณ์นั้น และโหมดนี้ใช้ในการพิสูจน์ว่าผู้ใช้บูรณาการผลของความสัมพันธ์เชิงพหุในกรณีศึกษาและทดสอบแบบจำลองที่ดูขัดแย้งกับข้อมูลได้อย่างไร ดังภาพที่ 14



ภาพที่ 14 ตัวอย่างส่วนต่อผสานผู้ใช้ในโหมดกรณีศึกษา

2) องค์ประกอบที่สำคัญของการสืบสอบที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ มีดังนี้

Kyza, Constantinou, and Spanoudis (2011) พบว่า การใช้สภาพแวดล้อมทางการเรียนรู้แบบสืบสอบบนเว็บ (STOCHASMOS) สามารถช่วยส่งเสริมการให้เหตุที่ใช้ประจักษ์พยานเป็นฐาน ซึ่งจัดได้ว่าเป็นความสามารถย่อยของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ตามที่ผู้วิจัยกำหนด ซึ่งมีเครื่องมือสำคัญที่ประกอบไปด้วย

1) ส่วนต่อประสานผู้ใช้ (Tabbed interface) เป็นส่วนนำเสนอข้อมูลด้วยส่วนต่อประสานผู้ใช้แบบแทบ ที่แบ่งสารสนเทศในการนำเสนอทั้งแบบข้อความ ภาพ หรือเสียง นอกจากนี้

แต่ละแทปยังสามารถแยกออกเป็นหน้าใหม่ได้อีกด้วย ซึ่งปรับปลี่ยนหน้าตาไปเป็นรายการเมนูแทนแทปที่ปรากฏ และแต่ละแทป ผู้ใช้สามารถสร้างกราฟได้จากทุกแทป โดยเข้าถึงข้อมูลได้อย่างง่ายดาย และส่วนที่สำคัญที่สุดคือแทบแรกที่เป็นแทบแสดงบทบาทของผู้ใช้ (My Role) ซึ่งผู้เรียนจะต้องตั้งคำถามสำหรับการสืบสอบในแทบนี้ก่อนเสมอ

2) ส่วนนำเสนออภิธานศัพท์ (Glossery) เป็นเครื่องมือที่ใช้อำนวยความสะดวกแก่ผู้เรียนที่จะเข้าถึงนิยามศัพท์เฉพาะได้อย่างรวดเร็ว คำที่มีอยู่ในอภิธานศัพท์จะปรากฏสีเขียวและขีดเส้นใต้ไว้อย่างชัดเจน ไม่เมาส์เคลื่อนที่ผ่านจะปรากฏหน้าต่างนิยามของคำศัพท์ปรากฏขึ้น

3) เครื่องมือเขียนกราฟ (Graph tool) เป็นเครื่องมือที่สนับสนุนให้ผู้เรียนสามารถเปรียบเทียบข้อมูลเชิงตัวเลขในรูปแบบกราฟต่างๆ ได้

4) คำบอกใบ้ (Hint) เป็นเครื่องมือใช้บอกใบ้คำอธิบายที่เกี่ยวข้องกับงานที่ผู้เรียนถูกคาดหวังจะให้ทำ

Jensen and Lawson (2011) พบว่า กิจกรรมการเรียนการสอบโดยใช้การสืบสอบที่มีการแบ่งกลุ่มตามความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ตามระดับ สูง กลาง และต่ำ จะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนที่มีความสามารถในการให้เหตุผลในระดับต่ำสูงขึ้น มากกว่าการจัดกิจกรรมสืบสอบแบบที่ไม่มีการแยกกลุ่ม

Marušić and Sliško (2012) ศึกษาผลของวิธีการสอนแบบสืบสอบที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน พบว่า วิธีการสอนแบบสืบสอบที่มีประสิทธิภาพดีในการส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ได้แก่ แบบที่มีทดลองและอภิปราย (Experiment and Discussion หรือ ED) และวิธีการที่มีประสิทธิผลรองลงมาคือวิธีการแบบมีการอ่าน การนำเสนอ และการตั้งคำถาม (Reading, Presenting and Questioning หรือ RPQ) ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1) วิธีการสืบสอบแบบที่มีการทดลองและอภิปราย

วิธีการนี้เกิดจากการผสมผสานระหว่างแนวคิดของกลุ่มผู้เชื่อในแนวคิดของเพียเจ (Piagetian) ในเรื่องของความขัดแย้งทางปัญญา (Cognitive conflict) เป็นหลักในการขับเคลื่อนพัฒนาการทางการคิด กับแนวคิดของวีกอตสกี (Vykotsky) ที่เน้นในเรื่องของการเรียนรู้ร่วมกัน (Collective learning) ซึ่งผู้วิจัยใช้ 2 กลวิธีการย่อยได้แก่ Predict-Observe-Explain ในการทดลองกระป๋องระเบิด และ Observe-Explain-Predict-Test ในเรื่องบอลลูนเติมน้ำและอากาศบนเปลวเทียน โดยองค์ความรู้ที่ใช้ในการสืบสอบได้แก่ เรื่อง แรง การเคลื่อนที่ แรงดันและความร้อน

2) วิธีการสืบสอบแบบมีการอ่าน การนำเสนอ และการตั้งคำถาม

กลวิธีการนี้ออกแบบขึ้นภายใต้กรอบแนวคิดของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน การเรียนรู้โดยการสืบสอบแบบชี้นำกระบวนการ (Process-oriented guided inquiry learning) และการเรียนรู้ของทีม (Peer-led team learning) โดยใช้บทความที่เกี่ยวกับการค้นพบของนักฟิสิกส์เป็นกรอบเนื้อหาในการถ่ายทอดกระบวนการ โดยมี 4 ขั้นตอน ได้แก่

2.1 ผู้เรียนอ่านบทความที่เป็นที่นิยมโดยผ่านการคัดเลือกโดยครู

2.2 ผู้เรียนอ่านบทความจากแหล่งทรัพยากรออนไลน์ โดยผู้เรียนเป็นผู้เลือกเอง

2.3 ผู้เรียนนำเสนอผลการเรียนรู้โดยใช้ Power Point

2.4 ผู้เรียนตั้งคำถามเกี่ยวกับองค์ประกอบที่ไม่มีความชัดเจนทั้งของที่ตนเองทำและของเพื่อนร่วมชั้น

W. X. Zhang et al. (2015) ศึกษาผลการใช้การกระตุ้นการคิดและเมตาคอกนิชันที่มีต่อการปฏิบัติทางด้านทักษะการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ในสถาพแวดล้อมทางการเรียนรู้แบบออนไลน์ โดยกลุ่มผู้วิจัยให้นิยามว่าการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นทักษะย่อยหนึ่งในทักษะการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งภารกิจทางการเรียนรู้ที่สำคัญโดยจำแนกตามการกระตุ้นได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 กิจกรรมของการสืบสอบที่ที่สามารถกระตุ้นการคิดและเมตคอกนิชันได้ (W. X. Zhang et al., 2015)

ภารกิจของการสืบสอบ	การกระตุ้นการคิด (cognitive prompts)	การกระตุ้นเมตาคอกนิชัน (metacognition prompts)
การตั้งคำถาม (questioning)	กระตุ้นผู้เรียนให้เชื่อมโยงคำพยากรณ์ของพวกเขาเข้ากับคำถามวิจัย หรือประสบการณ์เดิมของพวกเขาเท่าที่จะหาคำอธิบายได้	ใช้คำถามขับเคลื่อนให้พัฒนาเงื่อนไขสำหรับการตัดสินคุณภาพของคำถามที่ให้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3 กิจกรรมของการสืบสอบที่ที่สามารถกระตุ้นการคิดและเมตคอกนิชันได้ (W. X. Zhang et al., 2015) (ต่อ)

ภารกิจของการสืบสอบ	การกระตุ้นการคิด (cognitive prompts)	การกระตุ้นเมตาคอกนิชัน (metacognition prompts)
การวางแผน (planning)	กระตุ้นผู้เรียนให้จำแนกตัวแปรควบคุมและตัวแปรอิสระของคำถามวิจัย	กระตุ้นผู้เรียนให้คิดเกี่ยวกับเหตุผลของการเลือกตัวแปรบางตัวสำหรับการวางแผนการเก็บข้อมูล
การวิเคราะห์ (analyzing)	ชี้แนะผู้เรียนให้นึกถึงแบบรูปของข้อมูลและความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบและคำถามวิจัย	กระตุ้นผู้เรียนให้ไตร่ตรองในกระบวนการวิเคราะห์ และพัฒนาความตระหนักรู้ถึงคุณภาพและกระบวนการเรียนเรียนรู้ของผู้เรียนในเวลานั้นๆ เพื่อเร้าให้ผู้เรียนไม่ลืมปัญหาที่กำลังศึกษาอยู่
การตีความ (interpretation)	ชี้นำผู้เรียนให้ประยุกต์ใช้องค์ความรู้ของพวกเขาเมื่อกำลังมองหาแบบรูป และกำลังตีความข้อมูล	ชวนผู้เรียนใช้คิดถึงเหตุผลว่าทำไมบางมโนมติไม่สามารถช่วยให้พวกเขาให้เหตุผลและเชื่อมโยงคำกล่าวอ้างปยังประจักษ์พยานได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการออกแบบและพัฒนาการเรียนการสอนออนไลน์ โดยเฉพาะรูปแบบการออกแบบและพัฒนาการเรียนการสอนในรูปแบบผลิตภัณฑ์ (Product oriented) เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดขั้นตอนของรูปแบบการออกแบบและพัฒนาการสอน

ผลการสังเคราะห์ขั้นตอนรูปแบบการออกแบบและพัฒนาการเรียนการสอนในรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมกับการสร้างสถานการณ์จำลองที่ใช้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เป็นดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการสังเคราะห์ขั้นตอนรูปแบบการออกแบบและพัฒนาการเรียนการสอนในรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมกับการสร้างสถานการณ์จำลองที่ใช้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

Generic	Dick, Carey, and Carey (2015)	Hassan and Ibrahim (2010)	(Aless, 2000)	(Seow, Hughes, & Byers, 2005)	ผลการสังเคราะห์ รูปแบบการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ประเภทสถานการณ์จำลอง
Analaysis	- Identify Instructional Goals - Identify Entry Behaviors - Conduct Instructional Analysis	- Analyze the Instructional goal - Analyze Learners - Analyze the pedagogical approach/ philosophy - Analyze the learning context - Analyze the role of the educator	Simulation Theory - Knowledge Attributes - Learner Attributes - Simulation Attributes - Representation of Knowledge	Need Assessment - KSA gaps Trainee analysis - Previous knowledge - Characteristics - Learning styles Instructional Analysis - Training context - Training resources - Performance context	1. กำหนดเป้าประสงค์ของการสอน 2. วิเคราะห์พฤติกรรมตั้งต้น - ความรู้เดิม - ลักษณะของผู้เรียน - รูปแบบการเรียนรู้ - แรงจูงใจเดิม (existing motivation) 3. วิเคราะห์กลยุทธ์การสอน 4. วิเคราะห์บทบาทของผู้สอน (Analyze the role of the educator)

ตารางที่ 4 ผลการสังเคราะห์ขั้นตอนรูปแบบการออกแบบและพัฒนาการเรียนการสอนในรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมกับการสร้างสถานการณ์จำลองที่ใช้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

Generic	Dick et al. (2015)	Hassan and Ibrahim (2010)	(Aless, 2000)	(Seow et al., 2005)	ผลการสังเคราะห์ รูปแบบการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ประเภทสถานการณ์จำลอง
Design	- Write Performance Objectives		Design Dimensions - Knowledge Type - Learner Experience - Purpose of the Simulation - Importance of the Knowledge 1st Level Decisions - Transfer or Initial Learning - Learner Motivation	Design - Instructional goal - Task analysis - Information design - Interaction design - Presentation design - Content storyboard - Content inventory - Formative evaluation plan	5. ระบุจุดประสงค์การเรียนรู้ 6. สร้างเนื้อหา 7. ออกแบบ/ ไวร์เฟรม - ออกแบบแผนการประเมินพัฒนาการทางการเรียนรู้ - ออกแบบมิติต่างๆ ของโปรแกรม - ออกแบบชนิดขององค์ความรู้ (Knowledge Type) ได้แก่ ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ - ออกแบบประสบการณ์ของผู้เรียน (Learner Experience) ได้แก่ ขั้นตอนการสืบเสาะเชิงวิทยาศาสตร์และการใช้กลยุทธ การโต้แย้ง

ตารางที่ 4 ผลการสังเคราะห์ขั้นตอนรูปแบบการออกแบบและพัฒนาการเรียนการสอนในรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมกับการสร้างสถานการณ์จำลองที่ใช้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

Generic	Dick et al. (2015)	Hassan and Ibrahim (2010)	(Aless, 2000)	(Seow et al., 2005)	**ผลการสังเคราะห์ รูปแบบการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ประเภทสถานการณ์จำลอง**
Design			- Support for Learning		- ออกแบบเป้าหมายของสถานการณ์จำลอง (Purpose of the Simulation) ได้แก่ การใช้เครื่องมือต่างๆ ของส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ - ออกแบบลำดับความสำคัญขององค์ความรู้โดยพิจารณาดังนี้ <u>อันดับที่</u> 1 ● เป็นองค์ความรู้ที่เรียนรู้ได้โดยการถ่ายโอนหรือเป็นการริเริ่มเรียนรู้ใหม่ ● จะจูงใจผู้เรียนได้อย่างไร ● จะสนับสนุนการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างไร <u>อันดับที่</u> 2 ● ความสมจริงขององค์ประกอบ ● การควบคุมสถานการณ์จำลองของผู้เรียน ● โหมดการส่งสารสนเทศ ● ระเบียบวิธี

ตารางที่ 4 ผลการสังเคราะห์ขั้นตอนรูปแบบการออกแบบและพัฒนาการเรียนการสอนในรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมกับการสร้างสถานการณ์จำลองที่ใช้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

Generic	Dick et al. (2015)	Hassan and Ibrahim (2010)	(Aless, 2000)	(Seow et al., 2005)	**ผลการสังเคราะห์ รูปแบบการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ ประเภทสถานการณ์จำลอง**
Design					<u>อันดับที่</u> 3 • Input และ Output ของสถานการณ์จำลอง • ชนิดของภาพ • การจัดวาง • การสื่อสารของผู้ใช้ระหว่างการโต้แย้ง <u>อันดับที่</u> 4 • หน้าจอ • ข้อความ • รูปภาพที่ใช้ • เมนู • ปุ่ม • เสียง • หนัง

ตารางที่ 4 ผลการสังเคราะห์ขั้นตอนรูปแบบการออกแบบและพัฒนาการเรียนการสอนในรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมกับการสร้างสถานการณ์จำลองที่ใช้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

Generic	Dick et al. (2015)	Hassan and Ibrahim (2010)	(Aless, 2000)	(Seow et al., 2005)	ผลการสังเคราะห์ รูปแบบการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ ประเภทสถานการณ์จำลอง
Design					• แอนิเมชั่น • ปฏิสัมพันธ์ • ตัวป้อนกลับ - พัฒนาสตอรี่บอร์ด - สร้างแบบทดสอบอิงเกณฑ์ - พัฒนาระบบและกลยุทธ์ในการส่งถ่ายข้อมูล - พัฒนากลยุทธ์การจัดการของผู้ดูแลระบบ - สร้างโปรแกรมต้นแบบ - แก้ปัญหาของโปรแกรมต้นแบบ
Development	- Develop Criterion Referenced Tests - Develop Instructional Strategy - Develop and Select Instructional Material	- Develop a Web - based instructional and delivery strategy - Develop organisational strategy - Select and develop instructional materials		Development - Select tools - Create prototype - Develop story board - Troubleshoot	

ตารางที่ 4 ผลการสังเคราะห์ขั้นตอนรูปแบบการออกแบบและพัฒนาการเรียนการสอนในรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมกับการสร้างสถานการณ์จำลองที่ใช้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

Generic	Dick et al. (2015)	Hassan and Ibrahim (2010)	(Aless, 2000)	(Seow et al., 2005)	ผลการสังเคราะห์ รูปแบบการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ ประเภทสถานการณ์จำลอง
		- Write and produce instruction - Design and Cunduct formative evaluation			
Implementation				Dry run Launch program Monitor program Provide Feedback - Trainees - Other steakholders	- ทดลองใช้โปรแกรมต้นแบบ - ใช้โปรแกรมจริง - ติดตามการใช้งาน - ให้ผลย้อนกลับ - ไปยังผู้เรียน - ไปยังผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง

ตารางที่ 4 ผลการสังเคราะห์ขั้นตอนรูปแบบการออกแบบและพัฒนาการเรียนการสอนในรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมกับการสร้างสถานการณ์จำลองที่ใช้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

Generic	Dick et al. (2015)	Hassan and Ibrahim (2010)	(Aless, 2000)	(Seow et al., 2005)	ผลการสังเคราะห์ รูปแบบการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ ประเภทสถานการณ์จำลอง
Evaluation	- Develop and Conduct Informative Evaluation - Develop and Conduct Summative Evaluation - Revise the instruction	- Revise the instruction		- Perform formative evaluation - Perform multi-stage evaluation Evaluate Program - Trainees performance - Trainee perception - Supervisor perception	- ประเมินผลการเรียนรู้ - ปรับปรุงการเรียนการสอน

4. กำหนดกรอบแนวคิดของรูปแบบการออกแบบและพัฒนาการเรียนการสอน โดยนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาวิเคราะห์ สังเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้องมาพิจารณาและกำหนดกรอบแนวคิด ซึ่งประกอบด้วย 6 แนวคิด ดังนี้

กรอบแนวคิดที่ 1 แนวคิดเกี่ยวกับการออกแบบและพัฒนาการเรียนการสอนในห้องเรียน

กรอบแนวคิดที่ 2 แนวคิดเกี่ยวกับความจริงเสมือน

กรอบแนวคิดที่ 3 แนวคิดเกี่ยวกับสถานการณ์จำลอง

กรอบแนวคิดที่ 4 แนวคิดเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์

กรอบแนวคิดที่ 5 แนวคิดเกี่ยวกับการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์

กรอบแนวคิดที่ 6 แนวคิดเกี่ยวกับกลยุทธ์การโต้แย้ง

กรอบแนวคิดที่ 7 แนวคิดเกี่ยวกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

5. นำข้อมูลที่ได้มาสร้างประเด็นคำถามในแบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การสร้างประเด็นคำถามในแบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ประเด็นหลักของการวิจัย	ประเด็นย่อยของการวิจัย	หลักการแนวคิด	ประเด็นคำถาม	จำนวนข้อคำถาม
ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม	ข้อมูลส่วนตัวของผู้ตอบแบบสอบถาม		สภาพปัจจุบัน	6 ข้อ ในตอนที่ 1
การจัดการเรียนการสอนตามหลักสูตรสถานศึกษา	เรียนการสอนตามหลักสูตรสถานศึกษาของผู้ตอบ	การจัดการเรียนการสอนตามหลักสูตรสถานศึกษา	สภาพปัจจุบัน	2 ข้อ ในตอนที่ 2
การออกแบบและพัฒนาการเรียนการสอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์	กรอบแนวคิดที่ 1 แนวคิดเกี่ยวกับการออกแบบและพัฒนาการเรียนการสอนในห้องเรียน	องค์ประกอบและขั้นตอนหลักของการออกแบบและพัฒนาการเรียนการสอนในห้องเรียน	สภาพปัจจุบัน	13 ข้อ ในตอนที่ 3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 5 การสร้างประเด็นคำถามในแบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

ประเด็นหลักของการวิจัย	ประเด็นย่อยของการวิจัย	หลักการแนวคิด	ประเด็นคำถาม	จำนวนข้อคำถาม
การใช้ความจริงเสมือนเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน	กรอบแนวคิดที่ 2 แนวคิดเกี่ยวกับความจริงเสมือน	องค์ประกอบและขั้นตอนหลักของการออกแบบและพัฒนาการเรียนการสอนโดยใช้ความจริงเสมือน	ความคิดเห็น	3 ข้อ ในตอนที่ 3
การใช้สถานการณ์จำลองในการพัฒนาการเรียนการสอน	กรอบแนวคิดที่ 3 แนวคิดเกี่ยวกับสถานการณ์จำลอง	องค์ประกอบและขั้นตอนหลักของการออกแบบและพัฒนาการเรียนการสอนโดยใช้สถานการณ์จำลอง	ความคิดเห็น	3 ข้อ ในตอนที่ 3
การสอนเพื่อพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์	กรอบแนวคิดที่ 7 แนวคิดเกี่ยวกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์	ความสามารถย่อยของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์	สภาพปัจจุบัน	4 ข้อ ในตอนที่ 4
การสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์เพื่อพัฒนาการเรียนการสอน	กรอบแนวคิดที่ 4 แนวคิดเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์	แนวคิดเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์	สภาพปัจจุบัน	3 ข้อ ในตอนที่ 4
การใช้กิจกรรมสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาการเรียนการสอน	กรอบแนวคิดที่ 5 แนวคิดเกี่ยวกับการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์	องค์ประกอบสำคัญของการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์	ความคิดเห็น	6 ข้อ ในตอนที่ 4
การใช้กิจกรรมที่มีการโต้แย้งเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน	กรอบแนวคิดที่ 6 แนวคิดเกี่ยวกับกลยุทธ์การโต้แย้ง	ขั้นตอนของกลยุทธ์การโต้แย้ง	ความคิดเห็น	6 ข้อ ในตอนที่ 4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 5 การสร้างประเด็นคำถามในแบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

ประเด็นหลักของการวิจัย	ประเด็นย่อยของการวิจัย	หลักการแนวคิด	ประเด็นคำถาม	จำนวนข้อคำถาม
ข้อเสนอแนะในการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์	สถาพปัจจุบัน ปัญหาและความต้องการในการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์	การเรียนการสอนเพื่อพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์	ความคิดเห็น	1 ข้อ ในตอนที่ 5

6. ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการสร้างแบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับในสภาพการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน

7. สร้างแบบสอบถามฯ โดยแบ่งออกเป็น 5 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม จำนวน 6 ข้อ

ตอนที่ 2 การจัดการเรียนการสอนตามหลักสูตรสถานศึกษา จำนวน 2 ข้อ

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีในการเรียนการสอน จำนวน 19 ข้อ

ตอนที่ 4 ความคิดเห็นเกี่ยวกับแนวทางการสอนเพื่อพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ จำนวน 20 ข้อ

ตอนที่ 5 ข้อเสนอแนะในการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ จำนวน 1 ข้อ

รูปแบบของแบบสอบถาม มี 3 ลักษณะ ดังนี้

1. แบบตรวจสอบรายการ (Check list) และเติมข้อความ
2. แบบปลายเปิด (Open- end)
3. แบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale)

8. นำแบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เสนออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจพิจารณาความถูกต้องเหมาะสม

9. ปรับปรุงแก้ไขแบบสอบถามตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

10. ตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ในด้านความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) ความถูกต้องของภาษา โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน จากนั้นวิเคราะห์หาค่า IOC เลือกข้อคำถามที่มีค่า IOC มากกว่า 0.5 มาจัดพิมพ์ ซึ่งผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่ 1) ครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์มาแล้วไม่ต่ำกว่า 10 ปี และมีวิทยะฐานะเชี่ยวชาญขึ้นไป 2) ผู้มีผลงานตีพิมพ์ด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาในระดับนานาชาติ 3) ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา (ภาคผนวก ก) ผลการวิเคราะห์ IOC พบว่า ทุกข้อมี IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป และให้ข้อเสนอแนะว่าคำศัพท์บางคำ คาดว่าจะยากไปสำหรับกลุ่มตัวอย่าง ควรยกตัวอย่างประกอบลงไปในข้อคำถาม ผู้วิจัยจึงได้ปรับข้อคำถามเพิ่มเติม

11. ตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในด้านความเที่ยง โดยทดลองใช้แบบสอบถามฯ กับครูวิทยาศาสตร์ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 12 คน ซึ่งเป็นครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ในจังหวัดอุบลราชธานี เพื่อตรวจสอบความเข้าใจภาษา สำนวนที่ใช้ในการสื่อความหมายในแต่ละข้อคำถาม และพึงพอใจกับภาษาที่ใช้ (ฐาปนี สีเฉลียว, 2553) ซึ่งจากผลการเก็บรวบรวมข้อมูลพบว่าครูที่ทดลองทำแบบสอบถามมีความเข้าใจในภาษาดีและใช้เวลาเหมาะสมในการตอบแบบสอบถามจนเสร็จ จากนั้นปรุงข้อคำถามให้มีความเป็นปรนัยมากขึ้น และจัดพิมพ์เตรียมไว้สำหรับเก็บรวบรวมข้อมูล

12. นำแบบสอบถามที่ได้ไปให้ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ สังกัด สพม. เขต 29 ทดลองทำแบบสอบถามจำนวน 36 คน แล้วนำมาวิเคราะห์หาค่าความเที่ยงโดยหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาร์ค พบว่าแบบสอบถามส่วนที่เป็นมาตราส่วนประมาณค่าที่ให้ค่าความเที่ยงที่เหมาะสมมีจำนวน 59 ข้อ (แสดงในภาคผนวก ข) มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.924 (N = 36)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยในการศึกษาความคิดเห็นของครูผู้สอนวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับสภาพการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ผู้วิจัยทำหนังสือขอความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 28

2. ติดต่อประสานงานไปที่โรงเรียนในสังกัดเพื่อส่งแบบสอบถาม

3. จากการติดต่อประสานงานกับสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาเพื่อขอข้อมูลพบว่าครูผู้สอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ในสังกัดมีจำนวน 126 คน ผู้วิจัยจึงได้จัดพิมพ์แบบสอบถามแล้วส่งไปยังโรงเรียนในสังกัดจำนวน 42 โรงเรียน จำนวน 126 ฉบับ

4. ผลการรวบรวมแบบสอบถามพบว่ามีการตอบกลบมาจำนวน 105 ฉบับ คิดเป็นร้อยละ 83.33

5. ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล และเขียนรายงานผลการศึกษา

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลในการศึกษาความคิดเห็นของครุผู้สอนวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับสภาพการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์โดยสถิติดังต่อไปนี้

สถิติเชิงพรรณนา เช่น ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ ดัชนีความต้องการจำเป็น (Phanchalaem, Sujiva, & Tangdhanakanond, 2016) ในการอธิบายข้อมูลพื้นฐาน และเรียงลำดับความต้องการจำเป็นของครู

การวิจัยระยะที่ 2 การพัฒนาโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

1. การศึกษา วิเคราะห์ และสังเคราะห์แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความจริงเสมือน สถานการณ์จำลอง การสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ การสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ กลยุทธ์การโต้แย้ง และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากการสังเคราะห์โมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ พบว่าโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ ควรประกอบไปด้วย 18 ขั้นตอน ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ขั้นตอนการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ

ขั้นตอนที่	วิธีการ/เครื่องมือ	ผลลัพธ์	เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง
1. ระบุเป้าหมายของการเรียนรู้	- วิเคราะห์เอกสาร - สำรวจสภาพปัญหา	ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และทักษะการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ เป็นความสามารถที่จำเป็นที่ผู้เรียนจำเป็นต้องมี และไม่สามารถจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมได้อย่างมีประสิทธิภาพได้ในชั่วโมงเรียนปกติ และห้องปฏิบัติการที่จำกัด	-
2. วิเคราะห์พฤติกรรมตั้งต้น - ความรู้เดิม - ลักษณะของผู้เรียน - รูปแบบการเรียนรู้ - แรงจูงใจเดิม (existing motivation)	- วิเคราะห์เอกสาร จากวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง - สำรวจสภาพปัญหา	<u>ความรู้เดิมที่จำเป็น</u> ได้แก่ - มโนมติ เกี่ยวกับ โมเมนตัมของแรง การเปลี่ยนแปลงพลังงานของระบบ (Meindertsma et al., 2014) กระบวนการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม (Tsui & Treagust, 2009) สารและการเปลี่ยนแปลงของสาร การดุลสมการเชิงฟิสิกส์ นัยสำคัญ การอนุรักษ์มวล ปริมาตร มวลและปริมาตร กราฟและความหนาแน่น การจม การลอยและความหนาแน่น และความร้อนกับอุณหภูมิ (Acar, 2014) - กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ - การสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ - การใช้คอมพิวเตอร์สร้างแบบจำลอง	-

CHULALONGKORN UNIVERSITY จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6 ขั้นตอนการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ (ต่อ)

ขั้นตอนที่	วิธีการ/เครื่องมือ	ผลลัพธ์	เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง
		ลักษณะของผู้เรียน ได้แก่ - เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เนื่องจาก มีองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่จำเป็นเพียงพอสำหรับฝึกฝนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ แรงจูงใจเดิมของผู้เรียน ได้แก่ - นักเรียนเกินกว่าร้อยละ 80 ต้องการเรียนต่อในระดับที่สูงขึ้น แต่มีเพียงไม่ถึงร้อยละ 50 ที่ชอบเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์มากที่สุด	-
3. วิเคราะห์กลยุทธ์การสอน	- วิเคราะห์เอกสาร จากวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	กลยุทธการสอนที่สามารถส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ได้แก่ - การสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ (Nowak, Nehring, Tiemann and Upmeier zu Belzen (2013); Lazonder, Hagmans and Jong (2010); Wilson, Taylor, Kowalski, and Carlson, 2010; Acar (2014))	- Virtual 3D Multiplayer environment (Scoresby, J., & Shelton, B. E., 2014) - Desktop Virtual Environment (Kafai, Y. B., Quintero, M., & Feldon, D.,2010)

ตารางที่ 6 ขั้นตอนการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ (ต่อ)

ขั้นตอนที่	วิธีการ/เครื่องมือ	ผลลัพธ์	เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง
		การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นหัวใจหลักของการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ และหัวใจของการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์คือความเข้าใจในประจักษ์พยาน” นอกจากนี้ยังพบว่า กิจกรรมสืบสอบที่ใช้สถานการณ์จำลองเป็นฐานสามารถพัฒนาทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้ คุณลักษณะสำคัญของการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ มี 6 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ผู้เรียนเผชิญกับคำถามทางวิทยาศาสตร์ 2) ผู้เรียนให้ความสำคัญกับหลักฐานหรือประจักษ์พยานของคำถามที่ตั้งขึ้น 3) ผู้เรียนสร้างคำอธิบายจากข้อมูลและหลักฐานที่มี 4) ผู้เรียนใช้คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีสารสนเทศหรือเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์	- Virtual Reality (Ai-Lim Lee, Wong, Fung, 2010; Merchant et al., 2012)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6 ขั้นตอนการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ (ต่อ)

ขั้นตอนที่	วิธีการ/เครื่องมือ	ผลลัพธ์	เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง
		และการคิดเชิงคำนวน 5) ผู้เรียนเชื่อมโยงองค์ความรู้ที่ได้สู่องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 6) ผู้เรียนสื่อสารและประเมินองค์ความรู้อย่างมีเหตุผล (กมลวรรณ กันยาประสิทธิ์ (2558); Hodson (2014); Grigg, Kelly, Gamoran, and Borman (2013); Weber et al. (2013)) - กลยุทธ์การโต้แย้ง (Psycharis, 2013; Acar, 2014; Hoban & Nielsen,2014) การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการใช้ข้อโต้แย้ง และการเรียนการสอนแบบสืบสอบบนฐานการโต้แย้งนอกจากจะช่วยส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แล้ว ยังช่วยแก้มโนมติที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนได้อีกด้วย	- Simulation (Lazonder et al., 2010; Psycharis, 2013)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6 ขั้นตอนการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ (ต่อ)

ขั้นตอนที่	วิธีการ/เครื่องมือ	ผลลัพธ์	เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง
		กลยุทธ์การโต้แย้งมี 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ยกประเด็นที่อีกฝ่ายนำเสนอ มาเป็นประเด็นตั้งต้นจากนั้นใช้คำว่า “แต่” เพื่อนำไปสู่การแสดงข้อคิดเห็นที่ขัดแย้งเพื่อโต้กลับ 2) ให้ข้อมูล หรือชี้ประเด็นสำคัญที่อีกฝ่ายไม่ได้กล่าวถึง 3) ให้หลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่ได้ให้ข้อมูลไป 4) ระบุความขัดแย้งของข้อโต้แย้ง 5) ประเมินการยอมรับได้ของแต่ละข้อโต้แย้ง 6) ลงข้อสรุป เพื่อนำเสนอเหตุและผลที่ใช้ในการกล่าวอ้าง โดยนำเสนอให้เห็นถึงประเด็นที่อีกฝ่ายนำเสนอ ข้อเสนอของตนที่ไม่ขัดแย้งและหลักฐานที่ใช้ในการตีโต้กลับ (Zhang et al., 2015; O’Hallaron, 2014; Abi-El-Mona & Abd-El-Khalick, 2011; Amgoud & Kaci, 2007; Tirri and	

Chulalongkorn University
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6 ขั้นตอนการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ (ต่อ)

ขั้นตอนที่	วิธีการ/เครื่องมือ	ผลลัพธ์	เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง
		Pehkonen, 2002; Voss and Means, 1991) - การสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ (Wu et al., 2013; Mulder, Bollen, de Jong, and Lazonder, 2016) การใช้แบบจำลองคอมพิวเตอร์สามารถพัฒนาการตั้งสมมติฐานและการพยากรณ์ผลที่เกิดจากตัวแปรเชิงพหุได้ หรือการใช้แบบจำลองคอมพิวเตอร์เป็น Scaffolding ทำให้ผู้เรียนมีผลการเรียนรู้ที่สูงขึ้นได้	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6 ขั้นตอนการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ (ต่อ)

ขั้นตอนที่	วิธีการ/เครื่องมือ	ผลลัพธ์	เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง
		การสร้างแบจำลองคอมพิวเตอร์หมายถึง วิธีการสืบเสาะหาความรู้โดยอาศัยกระบวนการสร้างแบบจำลองโดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือในการสร้าง และใช้คณิตศาสตร์ ฟิสิกส์ และวิทยาการคอมพิวเตอร์ ในการศึกษาพฤติกรรมของระบบ (Hansen, Barnett, MaKinster, and Keating (2004); Wu et al. (2013); Deutsch et al. (2016)) Nacu, Martin, Pinkard, and Gray (2016) ได้นำเสนอบทบาทของผู้สนับสนุนการเรียนรู้แบบออนไลน์ (Online Learning Supprt Role หรือ OLSR) จากการศึกษาพฤติกรรมของผู้สอนที่เข้าใช้บทเรียนออนไลน์ iRemix ซึ่งสามารถส่งเสริมผู้เรียนให้เรียนรู้ได้อย่างประสบผลสำเร็จ พบว่า มี 10 บทบาท	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6 ขั้นตอนการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ (ต่อ)

ขั้นตอนที่	วิธีการ/เครื่องมือ	ผลลัพธ์	เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง
		เรียงตามลำดับ ได้แก่ <u>กลุ่มที่ผู้สอนใช้บ่อย</u> 1) ผู้สอน (Instructor) 2) ผู้ชี้แนะ (Encourager) 3) ผู้จัดหาทรัพยากร (Resource Privider) 4) เพื่อน (Socio-Culture Friends) ผู้ติดตาม (Monitor) <u>กลุ่มที่มักใช้น้อยครั้ง</u> 1) ผู้ยั่วยุให้เกิดการเรียนรู้ (Learning Brocker) 2) ผู้ประเมิน (Evaluator) 3) ตัวแบบ (Medel) 4) ผู้สนับสนุน (Promoter) ผู้เรียน (Learner)	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6 ขั้นตอนการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ (ต่อ)

ขั้นตอนที่	วิธีการ/เครื่องมือ	ผลลัพธ์	เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง
5. ระบุจุดประสงค์ของการเรียนรู้	- วิจัยเชิงสำรวจ - วิเคราะห์เอกสาร	- ผู้เรียนสามารถสร้างสมมติฐานทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง - ผู้เรียนสามารถออกแบบและควบคุมการทดลองได้อย่างถูกต้อง - ผู้เรียนสามารถลงความเห็นจากประจักษ์พยานได้อย่างถูกต้อง - ผู้เรียนสามารถใช้องค์ความรู้เกี่ยวกับความจริงได้อย่างถูกต้อง - ผู้เรียนสามารถสร้างแบบจำลองของปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้ - ผู้เรียนสามารถทดสอบแบบจำลองของปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นได้ - ผู้เรียนประเมินแบบจำลองของปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นได้	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6 ขั้นตอนการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ (ต่อ)

ขั้นตอนที่	วิธีการ/เครื่องมือ	ผลลัพธ์	เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง
6. สร้างเนื้อหา	- วิเคราะห์เอกสาร	เนื้อหาที่ใช้ในสถานการณ์จำลองเสมือนจริง ประกอบด้วย 4 โมดูล ได้แก่ 1. โมดูลนักพยากร เป็นโมดูลที่มีสถานการณ์หลักเกี่ยวกับปัญหาน้ำเสียในชุมมชน มีปลาตาย ซึ่งหมู่บ้านตั้งอยู่ห่างจากโรงงานอุตสาหกรรม 3 ประเภท ได้แก่ อุตสาหกรรมผลิตสี อุตสาหกรรมผลิตเอทานอล และโรงไฟฟ้า ซึ่งผู้เรียนจะต้องสร้างการพยากรว่า โรงงานใดเป็นต้นเหตุของน้ำเสียครั้งนี้ โดยผู้เรียนจะได้รับข้อมูลเกี่ยวกับขั้นตอนการผลิต และสารตกค้างที่เป็นไปได้ของโรงงานแต่ละประเภท 2. โมดูลนักสืบสอบ เป็นโมดูลที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ออกแบบการทดลองเพื่อพิสูจน์สมมติฐานที่ได้ออกแบบไว้ในโมดูลที่ 1	- Simulation - Desktop-Based Virtual Reality - Calculating Tools

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6 ขั้นตอนการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ (ต่อ)

ขั้นตอนที่	วิธีการ/เครื่องมือ	ผลลัพธ์	เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง
		โดยผู้เรียนจะได้รับตัวช่วยเสริมศักยภาพ ได้แก่ ผังมโนมติ และคู่มือเทคนิคปฏิบัติการต่างๆ 3. โมดูลนักประเมิน เป็นโมดูลที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนลงความเห็นจากประจักษ์พยานของตนเอง และโต้แย้งกับผู้อื่น 4. โมดูลนักให้เหตุผล เป็นโมดูลที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้โต้แย้งและปกป้องเหตุผลของการกระทำของตนเองในทุกขั้นตอน	
7. ออกแบบ เนื้อหา สตอรี่บอร์ด/ ไวร์เฟรม	- วิเคราะห์เอกสาร - โปรแกรม Unity 3D	ผังของโปรแกรมตามโมดูลเนื้อหา ที่มีรายละเอียดจำแนกเทคโนโลยีที่ใช้ในโปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริง เพื่อให้ผู้พัฒนาสามารถทำงานได้ง่ายขึ้น รายละเอียดอยู่ในภาคผนวก ก	- ภาษา HTML5

Chulalongkorn University จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6 ขั้นตอนการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ (ต่อ)

ขั้นตอนที่	วิธีการ/เครื่องมือ	ผลลัพธ์	เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง
8. สร้างแบบทดสอบอิงเกณฑ์	- ใช้วิธีการหาความตรงของแบบทดสอบโดยการหา IOC หรือ Factor Analysis - วิเคราะห์ความยากโดยใช้สูตร WHITNEY AND SABERS (1970) - วิเคราะห์ความเที่ยงโดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟาของคอร์นบาร์ค	แบบทดสอบวัดทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งเป็นข้อสอบแบบปรนัย 2 ชั้น จำนวน 12 ข้อ สำหรับการทดสอบ 45 นาที	-
9. พัฒนาระบบและกลยุทธ์ในการส่งถ่ายข้อมูล	- ปรึกษาผู้เชี่ยวชาญด้านเครือข่าย	- การส่งกระแสข้อมูลจากผู้ใช้จำนวน 500 คน พร้อมกัน สิ่งที่ต้องคำนึงถึงมากเป็นพิเศษคือ ความสามารถของเซิร์ฟเวอร์คอมพิวเตอร์ที่ใช้ เครื่องฯ จะต้องประมวลผลอย่างหนักเพื่อให้ตัวละคร และวัตถุ สามารถเคลื่อนไหวได้ในสภาพแวดล้อมเสมือนพร้อมๆ กัน ดังนั้นเพื่อลดภาระฝั่งเซิร์ฟเวอร์ ควรติดตั้งโปรแกรมสถานการณ์จำลองลงในเครื่องของผู้เรียน และส่งข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์แบบ	- เซิร์ฟเวอร์คอมพิวเตอร์

ตารางที่ 6 ขั้นตอนการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ (ต่อ)

ขั้นตอนที่	วิธีการ/เครื่องมือ	ผลลัพธ์	เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง
		Asyncronize เพื่อลดภาระของเซิร์ฟเวอร์ โดยใช้วิธี Application Programming Interface	
10. พัฒนากลยุทธ์การจัดการของผู้ดูแลระบบ	- ศึกษาบทบาทของผู้สนับสนุนการเรียนรู้แบบออนไลน์ (Online Learning Supprt Role หรือ OLSR) ในขั้นตอนที่ 4	เนื่องจากสถานการณ์จำลองเสมือนจริงเป็นโปรแกรมที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนเรียนรู้จากการมีปฏิสัมพันธ์กันในโลกเสมือนจริง ดังนั้นบทบาทสำคัญของผู้ดูและระบบจึงได้แก่ 1) ผู้จัดหาทรัพยากร (Resource Privider) ซึ่งคอยมีหน้าที่ในการจัดหาเครื่องคอมพิวเตอร์ และลงโปรแกรมให้อยู่ในสภาพพร้อมสำหรับการเรียนรู้ 2) ผู้ติดตาม (Monitor) โดยมีหน้าที่ในการติดตามการมีส่วนร่วมของผู้เรียนอย่างใกล้ชิด เนื่องจากการเรียนรู้ในโลกเสมือนนั้นต้องอาศัยความทักษะในการนำตนเอง (Self-directed skill) สูง ดังนั้นผู้ดูและระบบควร	

ตารางที่ 6 ขั้นตอนการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ (ต่อ)

ขั้นตอนที่	วิธีการ/เครื่องมือ	ผลลัพธ์	เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง
		ติดตามการมีส่วนร่วมอย่างใกล้ชิดเพื่อให้แน่ใจว่าผู้เรียนยังคงมีส่วนร่วมและมีพัฒนาการอย่างต่อเนื่อง โดยหน้าจอโปรแกรมของผู้ดูและระบบควรมีหน้าปัด (Dash board) แสดงสถิติการเข้าเรียน และความก้าวหน้าในการเรียนเป็นรายบุคคล	
11. สร้างโปรแกรมต้นแบบ	- สร้างสถานการณ์จำลองเสมือนจริงโดยใช้ Unity 3D	ต้นแบบสภานการณ์จำลองเสมือนจริง	-
12. ปรับปรุงโปรแกรมต้นแบบ	- ทดลองใช้ และปรับปรุง	สถานการณ์จำลำลองเสมือนจริงที่พร้อมทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง	-
13. ทดลองใช้โปรแกรมต้นแบบ	- ทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน ไม่น้อยกว่า 30 คน	ประเด็นการปรับปรุงโปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ	สถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ
14. ใช้โปรแกรมจริง	- ใช้งานจริงกับกลุ่มตัวอย่าง	ผลการใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริง	สถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ
15. ติดตามการใช้งาน	- ติดตามการใช้งานจาก Dashboard และฐานข้อมูล	พัฒนาการของผู้เรียน	-

ตารางที่ 6 ขั้นตอนการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ (ต่อ)

ขั้นตอนที่	วิธีการ/เครื่องมือ	ผลลัพธ์	เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง
16. ให้ผลย้อนกลับ			-
- จากผู้เรียน	- แทรก Feedback ในหน้า Dashboard ของผู้เรียน	- ในส่วนของหน้า Dashboard ผู้เรียนจะได้รับ Feedback 5 ลักษณะดังนี้ 1) Notification เมื่อมีการอภิปราย 2) Notification เมื่อข้อเสนอของผู้เรียนถูกโต้แย้ง 3) Progress bar แสดงปริมาณของการมีส่วนร่วมในสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ	
- จากผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง	- ผู้ดูแลระบบรายงานสารสนเทศการมีส่วนร่วมสรุปให้ครู และผู้บริหารสถานศึกษารับทราบ	4) Chart อันดับผู้เรียนที่มีส่วนร่วมมากที่สุด 10 อันดับ - เมล์แจ้งเตือนไปยังครู และผู้บริหาร	
17. ประเมินผลการเรียนรู้	- ทดสอบแบบทดสอบวัดทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์	ทราบอิทธิพลของสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ ที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และแนวทางในการปรับปรุงสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ	-

ตารางที่ 6 ขั้นตอนการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ (ต่อ)

ขั้นตอนที่	วิธีการ/เครื่องมือ	ผลลัพธ์	เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง
18. ปรับปรุงสถานการณ์จำลองเสมือนจริง	- ดำเนินการทบทวนซ้ำตั้งแต่ขั้นตอนที่ 1	สถานการ์จำลองเสมือนจริงที่ดีขึ้น	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. การศึกษาความคิดเห็นจากผู้ทรงคุณวุฒิ

2.1 นำร่างรูปแบบจากแนวคิดที่ได้ในข้อที่ 1 ไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาและเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษาจำนวน 5 คน ซึ่งประกอบด้วยผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา จำนวน 3 คน และผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 2 คน พิจารณาและแสดงความคิดเห็น ประเมินความเป็นไปได้ของการใช้โมเดลการออกแบบฯ

2.2 นำร่างรูปแบบมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยระยะที่ 2 มีเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบประเมินความเป็นไปได้ของโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ มีวิธีการสร้างเครื่องมือ คือ แบบประเมินความเป็นไปได้ของการใช้โมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ

สร้างข้อคำถามสำหรับประเด็นในการประเมิน โดยให้ครอบคลุมองค์ประกอบและขั้นตอนของรูปแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาและประเมินรับรอง โดยแบบประเมินเป็นแบบมาตรประมาณค่า 5 ระดับ (Likert scale) จำนวน 18 ข้อ โดยมีเกณฑ์การประเมิน ดังนี้ (ภาคผนวก ข)

5	หมายถึง	มีความคิดเห็นว่าเหมาะสมมากที่สุด
4	หมายถึง	มีความคิดเห็นว่าเหมาะสมมาก
3	หมายถึง	มีความคิดเห็นว่าเหมาะสมปานกลาง
2	หมายถึง	มีความคิดเห็นว่าเหมาะสมน้อย
1	หมายถึง	มีความคิดเห็นว่าเหมาะสมน้อยที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

และกำหนดเกณฑ์แปลความหมายดังนี้ (ประคอง กรรณสูต, 2542)

4.50 – 5.00	หมายถึง	มีความเหมาะสมมากที่สุด
3.50 – 4.49	หมายถึง	มีความเหมาะสมมาก
2.50 – 3.49	หมายถึง	มีความเหมาะสมปานกลาง
1.50 – 2.49	หมายถึง	มีความเหมาะสมน้อย
1.00 – 1.49	หมายถึง	มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาผลการใช้โมเดลการออกแบบฯ คือ ผู้วิจัย เนื่องจากการศึกษาผลการใช้โมเดลจำเป็นต้องทดลองใช้กับตัวอย่างที่สามารถเขียนโปรแกรมขั้นสูงได้ ทั้งภาษา C#, PHP, HTML, CSS และ Java Script ซึ่งหากใช้นักพัฒนาหรือโปรแกรมเมอร์ งานวิจัยนี้จะไม่สามารถเกิดขึ้นได้เพราะมีค่าใช้จ่ายที่สูงมาก

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาของการใช้โมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา จำนวน 3 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 2 ท่าน ที่ได้จากการเลือกแบบเจาะจง

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยนำร่างรูปแบบการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินรับรองความตรงตามเนื้อหา ในด้านความเหมาะสมขององค์ประกอบและขั้นตอนของการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ โดยนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา และวิทยาศาสตร์ศึกษา รวมจำนวน 5 ท่าน ประเมิน (ภาคผนวก ก)

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินรับรองรูปแบบ ผู้วิจัยนำคะแนนที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลมาคำนวนหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แล้วนำข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไขรูปแบบให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น เช่น ผู้เชี่ยวชาญเสนอแนะว่าควรอธิบายในส่วนของผลลัพธ์ให้มากยิ่งขึ้น

CHULALONGKORN UNIVERSITY

การวิจัยระยะที่ 3 การศึกษาผลการใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาผลการใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 28 จำนวน 10,659 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนศรีสะเกษวิทยาลัย จำนวน 40 คน ที่ได้จากการเลือกแบบเจาะจง เนื่องจากการที่ผู้วิจัยลงพื้นที่สำรวจความพร้อมของโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 28 พบว่า โรงเรียนที่มีความพร้อมของอุปกรณ์ และเวลาของการจัดกิจกรรมเสริมหลักสูตรที่ไม่กระทบกับเวลาเรียนมีจำกัด ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกโรงเรียนศรีสะเกษวิทยาลัยเป็นสถานที่ดำเนินการวิจัย และได้ทำการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติได้ (สุวิมล ว่องวาณิช, 2554) ดังนั้นผู้วิจัยจึงสุ่ม 2 ครั้ง (2 ห้อง) เพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างมากพอและป้องกันการสูญหายของกลุ่มตัวอย่างระหว่างทดลอง (Mortality)

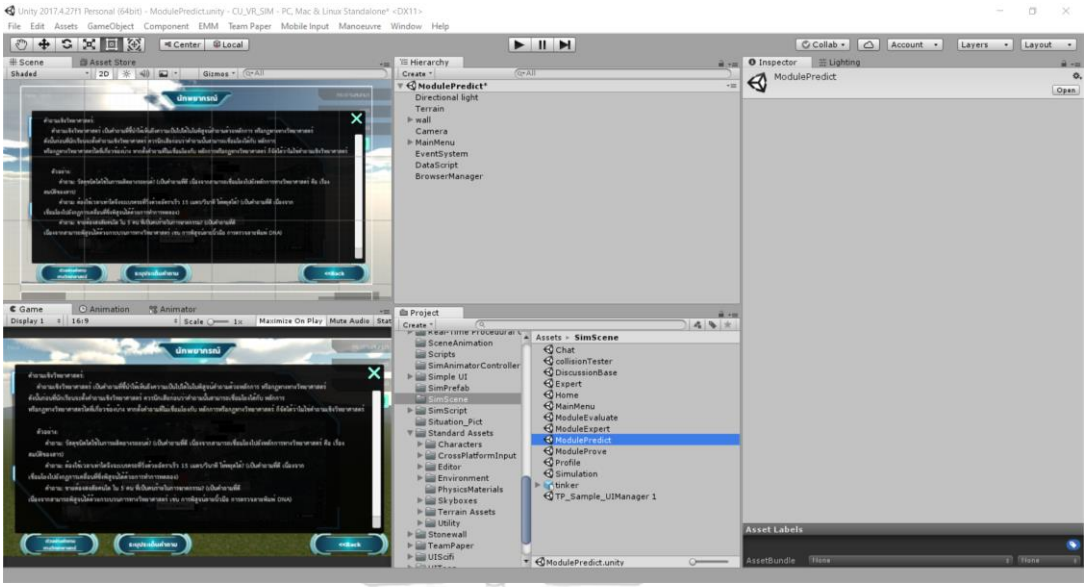
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาผลการใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ ได้แก่ แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โปรแกรมแบบทดสอบความสามารถในการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ และโปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ โดยมีวิธีการสร้างเครื่องมือดังนี้

1. โปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

สถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้เป็นสภาพแวดล้อมทางการเรียนรู้ แบ่งออก 4 โมดูลการเรียน ได้แก่ โมดูลนักพยากรณ์ โมดูลนักพิสูจน์ โมดูลนักประเมิน และโมดูลผู้รู้แจ้ง ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการพัฒนาตามขั้นตอนของโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ ตามตารางที่ 6 โดยใช้โปรแกรม Unity3D ในการพัฒนา ซึ่งภาษาที่ใช้ในการพัฒนาสคลิปการทำงาน ได้แก่ C#, PHP, HTML, CSS และ Java Script ดังภาพที่ 15

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 15 ตัวอย่างหน้าต่างโปรแกรม Unity3D

การหาประสิทธิภาพของโปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงดำเนินการดังนี้

1.1 ผู้วิจัยนำกรอบแนวคิดที่ได้จากการสังเคราะห์มาเขียนเป็นผังงาน (Flowchart) และสตอรี่บอร์ด (storyboard) เพื่อแสดงองค์ประกอบของสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ การทำงาน และรูปแบบหน้าจอของสถานการณ์จำลองเสมือนจริง

1.2 นำร่างรูปแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา จำนวน 3 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 2 ท่าน ตรวจสอบองค์ประกอบและกระบวนการของบทเรียน โดยใช้การเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ตามเกณฑ์ในการเลือกผู้เชี่ยวชาญดังนี้

1) เป็นผู้มีวุฒิการศึกษาระดับปริญญาเอก สาขาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา หรือ เป็นผู้ที่มีความเชี่ยวชาญหรือมีผลงานทางด้านเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา ที่เป็นที่ยอมรับกันในแวดวงนักวิชาการ จำนวน 2 คน

3) เป็นผู้มีวุฒิการศึกษาระดับปริญญาเอก สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา หรือ เป็นผู้ที่มีความเชี่ยวชาญหรือมีผลงานทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา ที่เป็นที่ยอมรับกันในแวดวงนักวิชาการ จำนวน 3 คน

1.3 ผู้วิจัยใช้แบบประเมินความเหมาะสมของร่างโปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ ให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินความเหมาะสมและความเป็นไปได้ และให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

1.4 วิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในการตีความและสรุปข้อมูล

1.5 ผู้วิจัยใช้ผลจากการวิเคราะห์ความคิดเห็นเกี่ยวกับความเป็นไปได้ของสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ ในการสร้างระบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์โดยการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

1.6 ผู้วิจัยคัดเลือกนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 3 คน ที่มีผลการเรียนในระดับดี ปานกลาง และอ่อน มาทดลองใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงเพื่อดูปฏิสัมพันธ์ของผู้เรียน ตัวละคร ความเหมาะสมของภาพและเสียง ระยะเวลาที่ใช้เรียนรู้ การรับรู้ว่าอยู่ในความจริงเสมือน ความสมจริงของแบบจำลอง และการทำงานโดยรวมของสถานการณ์จำลองเสมือนจริงทั้งหมด จากนั้นสอบถามข้อเสนอแนะจากกลุ่มตัวอย่าง พบว่า กลุ่มตัวอย่างพึงพอใจเมื่อได้เรียนโดยใช้โปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ และยังพบข้อบกพร่องของสคลิปบางอย่าง

1.7 ปรับปรุงสถานการณ์จำลองเสมือนจริงตามข้อเสนอแนะของกลุ่มตัวอย่าง

2. แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มีการสร้างและตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

2.1 ศึกษาเอกสาร ตำรา งานวิจัย เกี่ยวกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งจากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องทำให้ได้รายละเอียดว่าการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง การคิดที่มุ่งไปสู่การพิสูจน์ และตัดสินด้วยเหตุและผลที่เกิดขึ้นเชิงวิทยาศาสตร์ โดยใช้กระบวนการอนุมาน การพยากรณ์ การสร้างสมมติฐาน การวางแผนการทดสอบด้วยวิธีการที่นักวิทยาสตร์เชื่อถือได้ การทดสอบสมติฐานหรือปรากฏการณ์อย่างมีเหตุผล การประเมินประจักษ์พยาน การลงความเห็น และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีกับหลักฐานเชิงประจักษ์ ซึ่งต้องอาศัยทักษย่อยที่จำเป็น ได้แก่

1) ความสามารถในการตั้งสมมติฐาน (Hypothesizing ability)

ความสามารถในการตั้งสมมติฐาน หมายถึง ความสามารถในการ ระบุสาเหตุของปัญหา พยากรณ์อิทธิพลของตัวแปรอิสระที่จะส่งผลต่อตัวแปรตาม ซึ่งสามารถพิสูจน์ได้ด้วย

กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทฤษฎีหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ เลือก และอธิบายสมมติฐานทางเลือกด้วยทฤษฎีหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์

2) ความสามารถในการควบคุมและออกแบบการทดลอง (Controlling and designing experimentation ability)

ความสามารถในการควบคุมและออกแบบการทดลอง หมายถึง ความสามารถในการแก้ปัญหาเพื่อนำไปสู่การได้มาซึ่งข้อสรุป ระบุวิธีการสำรวจตรวจสอบข้อเท็จจริงที่นำไปสู่การลงข้อสรุป ออกแบบการทดลอง โดยควบคุมตัวแปรอื่นๆ ใช้ทักษะการสังเกตรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย และใช้ระเบียบวิธีทางวิทยาศาสตร์ดั้งเดิมหรือวิธีการที่สร้างขึ้นใหม่

3) ความสามารถในการประเมินประจักษ์พยาน (Evidence evaluating ability)

ความสามารถในการประเมินประจักษ์พยาน หมายถึง ความสามารถในการระบุข้อสรุปของสถานการณ์โดยใช้ ข้อมูล หลักฐาน ข้อเท็จจริง และหลักฐานเชิงประจักษ์อย่างสมเหตุสมผล และใช้ตรรกะในการกล่าวอ้างหรือตีความเพื่อลงข้อสรุป

4) การใช้องค์ความรู้ที่เกี่ยวกับความจริง (Using of epistemic knowledge ability)

การใช้องค์ความรู้ที่เกี่ยวกับความจริง หมายถึง ความสามารถในการระบุเหตุผลของการกระทำโดยใช้ทฤษฎีหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์สนับสนุน ระบุสาเหตุของการเข้าถึงและเข้าใจในปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.2 นำนิยามตัวแปรที่ผู้วิจัยกำหนดขึ้นในขั้นตอนที่ 2.1 มาสร้างตารางวิเคราะห์โครงสร้างตัวแปรที่ต้องการศึกษา ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ตารางกำหนดพฤติกรรมที่ต้องการวัดและจำนวนข้อคำถามของเครื่องมือวิจัย

ตัวแปรที่ต้องการวัด	น้ำหนักความสำคัญ (ร้อยละ)	จำนวนข้อ	ข้อสอบข้อที่
1. ความสามารถในการตั้งสมมติฐาน	25.00	6	1-6
2. ความสามารถในการควบคุมและออกแบบการทดลอง	25.00	6	7-12
3. ความสามารถในการประเมินประจักษ์พยาน	25.00	6	13-18
4. การใช้องค์ความรู้ที่เกี่ยวกับความจริง	25.00	6	19-24
รวม	**100.00**	**24**	

2.3 สร้างข้อคำถามตามโครงสร้างของตัวแปรที่ต้องการวัดและจำนวนข้อคำถามได้เป็นแบบทดสอบฉบับร่าง จากนั้นผู้วิจัยนำไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) ความเหมาะสมของข้อคำถาม ภาษาที่ใช้ เนื้อหา และการจัดรูปแบบการพิมพ์ และขอคำแนะนำจากอาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อนำมาปรับใช้และจัดทำเป็นแบบทดสอบฉบับร่าง

2.4 นำแบบสอบถามที่สร้างเรียบร้อยแล้วให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน (ภาคผนวก ก) ตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือในด้านความตรงเชิงเนื้อหาโดยใช้สูตร IOC (Index of Item Objective Congruence) แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขโดยมีเกณฑ์ในการคัดเลือกผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ได้แก่ ผู้ทรงคุณวุฒิด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 4 คน และผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านวัดผลและประเมินผลการศึกษาของกระทรวงศึกษาธิการ จำนวน 1 คน ซึ่งมีลักษณะการให้คะแนนสำหรับการวิเคราะห์ค่า IOC คือ

1 เมื่อแน่ใจว่า ข้อสอบนั้นสอบคล้องกับพฤติกรรมบ่งชี้ที่ต้องการวัด
0 เมื่อไม่แน่ใจว่า ข้อสอบนั้นสอบคล้องกับพฤติกรรมบ่งชี้ที่ต้องการวัด
-1 เมื่อแน่ใจว่า ข้อสอบนั้นไม่สอบคล้องกับพฤติกรรมบ่งชี้ที่ต้องการวัด

สำหรับผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ผู้วิจัยจะคัดเลือกเฉพาะข้อสอบที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไปเท่านั้น ไปใช้ในการทดสอบคุณภาพขั้นตอนถัดไป ซึ่งในขั้นตอนนี้ข้อสอบที่พัฒนาขึ้นทั้งหมด 20 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่าง 0.6 – 1.0

2.5 ปรับปรุงภาษาที่ใช้ในแบบทดสอบตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ และนำแบบทดสอบไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบอีกครั้ง

2.6 นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแล้วไปหาค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเที่ยงของแบบทดสอบกับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 37 คน จากนั้นทำการวิเคราะห์หาค่าความยาก และอำนาจจำแนก ด้วยวิธีของ Whitney and Sabers (1970, อ้างถึงใน ล้วน สายยศ, 2554) จากนั้นวิเคราะห์หาค่าความเที่ยงโดยหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาร์ค เมื่อวิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบพบว่า ได้แบบทดสอบฯ ที่มีข้อสอบจำนวน 12 ข้อที่มีค่าความยากระหว่าง 0.39 – 0.78 ค่าอำนาจจำแนกมีค่าระหว่าง 0.21 – 0.25 ถือได้ว่าสามารถจำแนกได้ในระดับน้อย ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการปรับตัวลวงให้มีความใกล้เคียงกับข้อที่ถูกมากขึ้นในข้อที่มีค่าความยากมากกว่า 0.5 ซึ่งจัดได้ว่าเป็นข้อที่ง่าย และค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาร์ค เท่ากับ 0.82 จากนั้นทำการอัพโหลดแบบทดสอบไว้ในโปรแกรม Google Form เพื่อเตรียมใช้งานกับกลุ่มตัวอย่าง (ภาคผนวก ข)

3. โปรแกรมแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์

โปรแกรมแบบทดสอบวัดทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มีการสร้างและตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

3.1 ศึกษาเอกสาร ตำรา งานวิจัย เกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ (Computational Modeling) การสร้างแบบจำลอง (Modeling) และการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Modeling)

3.2 นำนิยามตัวแปรที่ผู้วิจัยกำหนดขึ้นในขั้นตอนที่ 3.1 มาสร้างตารางวิเคราะห์โครงสร้างตัวแปรที่ต้องการศึกษา

3.3 สร้างข้อคำถามตามโครงสร้างที่ต้องการวัดและจำนวนข้อคำถามได้เป็นแบบทดสอบฉบับร่าง จากนั้นผู้วิจัยนำแบบสอบถามที่สร้างขึ้นไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ความเหมาะสมของข้อคำถาม ภาษาที่ใช้ เนื้อหา และการจัดรูปแบบการพิมพ์ และขอคำแนะนำจากอาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อนำมาปรับใช้และจัดทำเป็นโปรแกรมแบบทดสอบฉบับร่าง

3.4 นำโปรแกรมแบบสอบถามที่สร้างเรียบร้อยแล้วให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือในด้านความตรงเชิงเนื้อหาโดยใช้สูตร IOC (Index of Item Objective Congruence) แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขโดยมีเกณฑ์ในการคัดเลือกผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ผู้ทรงคุณวุฒิด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา 2 ท่าน และผู้ทรงคุณวุฒิ

ด้านเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา จำนวน 1 ท่าน ซึ่งมีลักษณะการให้คะแนนสำหรับการวิเคราะห์ค่า IOC คือ

1 เมื่อแน่ใจว่า ข้อสอบนั้นสอบคล้องกับพฤติกรรมบ่งชี้ที่ต้องการวัด
0 เมื่อไม่แน่ใจว่า ข้อสอบนั้นสอบคล้องกับพฤติกรรมบ่งชี้ที่ต้องการวัด
-1 เมื่อแน่ใจว่า ข้อสอบนั้นไม่สอบคล้องกับพฤติกรรมบ่งชี้ที่ต้องการวัด

จากผลการวิเคราะห์ค่า IOC พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 และมีข้อเสนอแนะบางประการของผู้ทรงคุณวุฒิ เช่น ภาษาที่ใช้ในข้อคำถาม และค่าคงที่ที่ต้องกำหนดให้แก่ผู้สอบ เป็นต้น

3.5 ผู้วิจัยปรับภาษาที่ใช้ในโปรแกรมแบบทดสอบตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ ให้ง่ายต่อการเข้าใจของผู้เรียน แก้ไขข้อบกพร่องของสคลิป และนำแบบทดสอบไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบอีกครั้ง

3.6 นำแบบสอบถามมาปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ แล้วนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 30 คน จากนั้นนำผลไปวิเคราะห์หาค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก ตามวิธีของ Whitney and Sabers (1970, อ้างถึงใน ล้วน สายยศ, 2554) และสัมประสิทธิ์แอลฟาของ Cronbach (Cronbach’s Alpha Coefficient) ผลการวิเคราะห์พบว่า โปรแกรมแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ประกอบไปด้วย 2 สถานการณ์ 6 ข้อ ซึ่งมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.43 – 0.78 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20 – 0.37 ซึ่งจัดได้ว่ามีอำนาจจำแนกน้อยดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการปรับเกณฑ์ในการให้คะแนนของข้อคำถามที่เป็นอัตนัย เนื่องจากความสามารถด้านการใช้ภาษาเป็นข้อจำกัดของผู้เรียนในการทำแบบทดสอบในลักษณะนี้ และมีสัมประสิทธิ์แอลฟาของ Cronbach เท่ากับ 0.736 จากนั้นทำการส่งออกไฟล์โปรแกรมเพื่อเตรียมไว้ใช้งานกับกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย (ภาคผนวก ข)

ขั้นตอนในการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล

การศึกษาในระยะที่ 3 ใช้เวลาทั้งสิ้น 1 สัปดาห์ โดยมีกิจกรรมในการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 กิจกรรมในการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล

วันที่	กิจกรรม	เวลา (ชั่วโมง)
1	- กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน	1
2	- กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ก่อนเรียน	1
3	- กลุ่มตัวอย่าเข้าเรียนในโปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ	9
4	- กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียน	1
5	- กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์หลังเรียน	1
	รวม	**13**

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยใช้ 4 วิธีการดังนี้

1) วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้การวิธีการทดสอบที (Dependent Sample t-test)

2) วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้การทดสอบที (Dependent Sample t-test)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การวิจัยระยะที่ 4 การนำเสนอโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

ขั้นตอนที่ 1 การสร้างโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์โดยการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

การดำเนินการวิจัยในระยะนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างรูปแบบการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์โดยการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

วิธีดำเนินการวิจัย

ศึกษาข้อมูลจากเอกสาร ตำรา งานวิจัย วารสาร เว็บไซต์ เพื่อทราบลักษณะองค์ประกอบ กระบวนการ หลักการ และรูปแบบของการออกแบบการเรียนการสอน (Instructional design) โดยเน้นการออกแบบการเรียนการสอนสำหรับผลิตภัณฑ์ (Product orientation) โดยใช้หลักการวิเคราะห์องค์ประกอบของกระบวนการเป็นหลักในการกำหนดประเด็น

นำข้อมูลผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของการออกแบบการเรียนการสอนสำหรับผลิตภัณฑ์และรูปแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์โดยการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้งมาสังเคราะห์เป็นโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์โดยการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการดำเนินการ

1. ศึกษาข้อมูลจากเอกสาร ตำรา งานวิจัย วารสาร เว็บไซต์ เพื่อทราบลักษณะองค์ประกอบ กระบวนการ หลักการและรูปแบบของการออกแบบการเรียนการสอนสำหรับผลิตภัณฑ์

2. วิเคราะห์ข้อมูลจากรูปแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์โดยการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

3. สร้างโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ ในรูปแบบแผนภาพและความเรียง

4. สร้างแบบรับรองรูปแบบการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์โดยการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

5. จัดส่งโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ และแบบประเมินเพื่อรับรองให้ผู้ทรงคุณวุฒิเพื่อรับรองรูปแบบการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยระยะนี้ ได้แก่ ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 ท่าน (ภาคผนวก ก) ได้มาโดยการใช้การเลือกแบบเจาะจง (Purposive Selection) ซึ่งผู้ทรงคุณวุฒิต้องมีคุณสมบัติ ดังนี้

1. ผู้มีเชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีความจริงเสมือน จำนวน 1 ท่าน
2. ผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา จำนวน 2 ท่าน
3. ผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาที่มีภารกิจส่งเสริมสนับสนุนการศึกษาในระดับประเทศ จากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จำนวน 1 ท่าน
4. ผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 1 ท่าน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบบรับรองโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์โดยการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง รูปแบบของแบบประเมินและรับรองรูปแบบ มี 2 ลักษณะ ดังนี้ (ภาคผนวก ข)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. แบบสอบถามแบบมาตรประมาณค่า (Rating Scale) 4 ระดับ จำนวน 1 ข้อ ดังนี้

ต้องปรับปรุง	ให้	1 คะแนน
พอใช้	ให้	2 คะแนน
ดี	ให้	3 คะแนน
ดีมาก	ให้	4 คะแนน

2. แบบปลายเปิด (Open-ended)

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลการรับรองและนำเสนอโมเดลการออกแบบฯ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ผู้วิจัยตรวจสอบความสมบูรณ์ของแบบประเมินและรับรองโมเดลการออกแบบฯ ที่ได้รับคืนมา

2. แบบประเมินและรับรองโมเดลการออกแบบฯ แบบมาตราส่วนประมาณค่า วิเคราะห์โดยหาค่าฐานนิยม และนำเสนอในรูปแบบความเรียง

3. แบบประเมินและรับรองโมเดลการออกแบบฯ แบบปลายเปิด นำมาวิเคราะห์และสังเคราะห์เป็นประเด็นต่างๆ แล้วนำเสนอในรูปแบบพรรณนาวิเคราะห์

ขั้นตอนที่ 2 นำเสนอรูปแบบการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์โดยการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

การดำเนินการในขั้นตอนนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอรูปแบบการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์โดยการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

ขั้นตอนดำเนินการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1) นำผลที่ได้จากการรับรองรูปแบบการออกแบบฯ จากผู้ทรงคุณวุฒิ มาปรับปรุง

2) ตรวจสอบรูปแบบการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์โดยการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้งที่ได้รับการปรับปรุงแล้วโดยอาจารที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

3) เขียนรายงานนำเสนอรูปแบบการออกแบบฯ ในรูปแบบแผนภาพและความเรียง

4) เขียนคู่มือสำหรับผู้ใช้รูปแบบการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริง

การวิจัยระยะที่ 5 การนำเสนอรูปแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

การนำเสนอรูปแบบความจริงเสมือนที่ใช้การเรียนการสอนโดยใช้สถานการณ์จำลองฯ เป็นการนำผลที่ได้จากการศึกษาผลของการใช้รูปแบบความจริงเสมือนที่ใช้การเรียนการสอนโดยใช้สถานการณ์จำลองฯ มาปรับปรุงแก้ไขและนำเสนอ เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญรับรองรูปแบบ โดยนำเสนอในรูปแบบแผนภาพแสดงรูปแบบ และความเรียงอธิบายรูปแบบ ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาผลการใช้รูปแบบในการวิจัยระยะที่ 3 และระยะที่ 4 มาปรับปรุงแก้ไข และนำเสนอในรูปของแผนภาพประกอบความเรียง

2. นำเสนอและให้ผู้เชี่ยวชาญรับรองรูปแบบ

3. นำข้อมูลและข้อเสนอแนะที่ได้มาปรับปรุงแก้ไข โดยปรับปรุงรายละเอียดในด้านองค์ประกอบ และขั้นตอนให้มีความถูกต้องสมบูรณ์มากที่สุด

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยระยะที่ 5 คือ แบบรับรองรูปแบบความจริงเสมือนบนหน้าจอที่ใช้การเรียนการสอนโดยใช้สถานการณ์จำลองฯ โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้ (ภาคผนวก ข)

1. แบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริง เป็นมาตรส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Likert Scale) โดยมีเกณฑ์ประเมิน ดังนี้

5	หมายถึง	มีความคิดเห็นว่ามีความเหมาะสมมากที่สุด
4	หมายถึง	มีความคิดเห็นว่ามีความเหมาะสมมาก
3	หมายถึง	มีความคิดเห็นว่ามีความเหมาะสมปานกลาง
2	หมายถึง	มีความคิดเห็นว่ามีความเหมาะสมน้อย
1	หมายถึง	มีความคิดเห็นว่ามีความเหมาะสมน้อยที่สุด

2. แบบประเมินภาพรวมของรูปแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริง เป็นแบบสอบถามแบบมาตรประมาณค่า (Rating Scale) 4 ระดับ ดังนี้

ต้องปรับปรุง	ให้	1 คะแนน
พอใช้	ให้	2 คะแนน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ดี	ให้	3 คะแนน
ดีมาก	ให้	4 คะแนน

3. แบบสอบถามปลายเปิด

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยระยะนี้ ได้แก่ ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 ท่าน ได้มาโดยการใช้การเลือกแบบเจาะจง (Purposive selection) ซึ่งผู้ทรงคุณวุฒิต้องมีคุณสมบัติ ดังนี้ (ภาคผนวก ก)

1. ผู้มีชื่อเสียงด้านเทคโนโลยีความจริงเสมือน จำนวน 1 ท่าน
2. ผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา จำนวน 2 ท่าน
3. ผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาที่มีภารกิจส่งเสริมสนับสนุนการศึกษาในระดับประเทศ จากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จำนวน 1 ท่าน
4. ผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 1 ท่าน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยนำรูปแบบความจริงเสมือนฯ ที่นำเสนอในรูปแบบแผนภาพประกอบความเรียงไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา รวมจำนวน 5 ท่าน แสดงความเห็นและประเมินรับรองรูปแบบ

การวิเคราะห์ข้อมูล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การวิเคราะห์ข้อมูลดำเนินการ ดังนี้

1. วิเคราะห์ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงแบบมาตราส่วนประมาณค่า วิเคราะห์โดยใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเทียบกับเกณฑ์ดังนี้ (ประคอง กรรณสูต, 2542)

4.50 – 5.00	หมายถึง	มีความเหมาะสมมากที่สุด
3.50 – 4.49	หมายถึง	มีความเหมาะสมมาก
2.50 – 3.49	หมายถึง	มีความเหมาะสมปานกลาง
1.50 – 2.49	หมายถึง	มีความคิดเห็นว่ามีความเหมาะสมน้อย
1.00 – 1.49	หมายถึง	มีความคิดเห็นว่ามีความเหมาะสมน้อยที่สุด

2. วิเคราะห์ผลการประเมินภาพรวมของโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมืองจริงฯ แบบมาตราส่วนประมาณค่า 4 ระดับ โดยหาค่าฐานนิยม และนำเสนอในรูปแบบความเรียง

3. วิเคราะห์แบบสอบถามปลายเปิดโดยนำมาวิเคราะห์และสังเคราะห์เป็นประเด็นต่างๆ แล้วนำเสนอในรูปแบบพรรณนาวิเคราะห์

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยนี้มีการใช้สถิติเพื่อช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลและหาคุณภาพ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือวิจัย และสถิติที่ใช้วิเคราะห์ผลการวิจัย ดังนี้

1. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือวิจัย ประกอบด้วย 3 ส่วนย่อย ดังนี้

1.1 สถิติสำหรับการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC (Index of Consistency) เพื่อหาค่าความตรงเชิงเนื้อหา และความตรงเชิงโครงสร้างของแบบสอบถาม ได้ใช้สูตร ดังนี้ (ล้วน สายยศ, 2540)

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ IOC แทน ค่าดัชนีความสอดคล้อง

$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.2 สถิติสำหรับการหาค่าความยากและค่าอำนาจแนกของแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ ใช้สูตรดังนี้ (ล้วน สายยศ, 2540)

1.2.1 ค่าความยากของแบบทดสอบ

$$P = \frac{R}{N}$$

เมื่อ P แทน ค่าความยาก

R แทน จำนวนคนที่ตอบข้อนั้นถูก

N แทน จำนวนคนทั้งหมดที่ทำข้อนั้น

1.2.2 ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ

$$D = \frac{R_U - R_L}{\frac{N}{2}}$$

เมื่อ D แทน ค่าอำนาจจำแนก

R_U แทน จำนวนคนกลุ่มสูงที่ตอบข้อนั้นถูก

R_L แทน จำนวนคนกลุ่มต่ำที่ตอบข้อนั้นถูก

1.2.3 ค่าความเที่ยงของแบบสอบถาม โดยใช้สูตรการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของคอรอนบาค (ล้วน สายยศ, 2540) ได้ใช้สูตร ดังนี้

$$\alpha = \frac{n}{n-1}\left\{1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2}\right\}$$

เมื่อ α แทน ค่าสัมประสิทธ์ของความเชื่อมั่น

n แทน จำนวนข้อของเครื่องมือวัด

S_i^2 แทน คะแนนความแปรปรวนเป็นรายข้อ

S_t^2 แทน คะแนนความแปรปรวนของเครื่องมือนั้นทั้งฉบับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.3 สถิติสำหรับการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC (Index of Item Objective Congruence) เพื่อหาค่าความตรงเชิงเนื้อหา และความตรงเชิงโครงสร้างของแบบทดสอบ ได้ใช้สูตรดังนี้ (วรรณี แกมเกตุ, 2555)

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ IOC คือ ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับเนื้อหา/จุดประสงค์

$\sum R$ คือ ผลรวมของคะแนนผลการตัดสินข้อคำถามของผู้ทรงคุณวุฒิ

N คือ จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ

โดยมีเกณฑ์การตัดสินความสอดคล้องของข้อคำถามกับเนื้อหา/ จุดประสงค์ ดังนี้

ถ้า IOC > 0.50 ถือว่าข้อคำถามนั่นวัดได้สอดคล้องกับเนื้อหา/ จุดประสงค์
ถ้า IOC < 0.50 ถือว่าข้อคำถามนั่นวัดได้ไม่สอดคล้องกับเนื้อหา/ จุดประสงค์

2. สถิติที่ใช้วิเคราะห์ผลการวิจัย ได้แก่

2.1 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ความถี่ ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และฐานนิยม เพื่ออธิบายข้อมูลทั่วไปและความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อการเรียนการสอนโดยใช้ความจริงเสมือนฯ ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อรูปแบบการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์โดยการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

2.2 วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบคะแนนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์โดยใช้การทดสอบที (Dependent Sample t-test)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัย เรื่อง โมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง ผู้วิจัยได้แสดงผลการวิจัยออกเป็น 4 ตอน ได้แก่

ตอนที่ 1 ผลการศึกษาสภาพ ปัญหา ความต้องการในการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

ตอนที่ 2 ผลการพัฒนาโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

ตอนที่ 3 ผลการศึกษาผลการใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

ตอนที่ 4 ผลการประเมินรับรองโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง กับการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตอนที่ 1 ผลการศึกษาสภาพ ปัญหา ความต้องการในการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

จากการที่ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาแบบสอบถามเพื่อการศึกษาสภาพ ปัญหา ความต้องการในการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ซึ่งเป็นแบบสอบถามที่มี 11 ตอน รวม 71 ข้อคำถาม โดยส่งไปยังโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 28 จำนวน 42 โรงเรียน จำนวน 126 ฉบับ พบว่ารวบรวมแบบสอบถามกลับมาได้จำนวน 105 ฉบับ คิดเป็นร้อยละ 83.33 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ข้อมูลพื้นฐานของผู้ตอบแบบสอบถาม

ข้อมูลพื้นฐาน		ความถี่	ร้อยละ
เพศ	ชาย	35	33
	หญิง	70	67
ประสบการณ์การสอน	น้อยกว่า 5 ปี	27	26
	5-10 ปี	26	25
	10-15 ปี	16	15
	15-20 ปี	16	15
	มากกว่า 20 ปี	20	19
ระดับชั้นที่สอน (เป็นหลัก)	มัธยมศึกษาปีที่ 1	25	24
	มัธยมศึกษาปีที่ 2	32	30
	มัธยมศึกษาปีที่ 3	48	46
ประเภทโรงเรียน	โรงเรียนขายโอกาส	27	26
	โรงเรียนมัธยม	78	74
ขนาดโรงเรียน	เล็ก	27	26
	กลาง	34	32
	ใหญ่	19	18
	ใหญ่พิเศษ	25	24
ระดับการศึกษา	ปริญญาตรี	48	46
	ปริญญาโท	55	52
	ปริญญาเอก	2	2
รายวิชาที่สอน	ในกลุ่มสาระวิทย์ฯ เท่านั้น	63	60
	มีรายวิชานอกกลุ่มสาระฯ ที่ต้องรับผิดชอบสอน	42	40

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 9 ข้อมูลพื้นฐานของผู้ตอบแบบสอบถาม (ต่อ)

ข้อมูลพื้นฐาน		ความถี่	ร้อยละ
เวลาที่ใช้ใน	ไม่เกินร้อยละ 20	24	23
การออกแบบการเรียน	ร้อยละ 20 - 40	22	21
การสอน (คำนวนจาก	ร้อยละ 40 - 60	19	18
จำนวนครั้งที่เข้าสอน	ร้อยละ 60 – 80	26	25
ทั้งหมด)	ร้อยละ 80 ขึ้นไป	14	13

จากตารางที่ 9 ครูผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 105 เป็นเพศชาย ร้อยละ 33 เพศหญิง ร้อยละ 67 มีประสบการณ์การสอนน้อยกว่า 5 ปี ร้อยละ 26 ประสบการณ์การสอน 5 – 10 ปี ร้อยละ 25 ประสบการณ์การสอน 10 – 15 ปี ร้อยละ 15 ประสบการณ์การสอน 15 – 20 ปี ร้อยละ 15 ตั้งแต่ 20 ปี ขึ้นไป ร้อยละ 19 สอนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ร้อยละ 24 สอนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ร้อยละ 30 สอนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ร้อยละ 46 สอนในโรงเรียนขยายโอกาส ร้อยละ 26 สอนในโรงเรียนมัธยมร้อยละ 74 สอนในโรงเรียนขนาดเล็ก ร้อยละ 26 สอนในโรงเรียนขนาดกลาง ร้อยละ 32 สอนในโรงเรียนขนาดใหญ่ ร้อยละ 18 สอนในโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ ร้อยละ 24 การศึกษาระดับปริญญาตรี ร้อยละ 46 การศึกษาในระดับปริญญาโท ร้อยละ 52 การศึกษาในระดับปริญญาเอก ร้อยละ 2 สอนเฉพาะรายวิชาของกลุ่มสาระฯ วิทยาศาสตร์ ร้อยละ 60 สอนรายวิชาอื่นนอกกลุ่มสาระฯ ร้อยละ 40 ครูที่ใช้เวลาในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ก่อนสอนไม่เกินร้อยละ 20 มีจำนวนร้อยละ 23 ครูที่ใช้เวลาในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ก่อนสอนร้อยละ 20 – 40 มีจำนวนร้อยละ 21 ครูที่ใช้เวลาในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ก่อนสอนร้อยละ 40 – 60 มีจำนวนร้อยละ 18 ครูที่ใช้เวลาในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ก่อนสอนร้อยละ 60 – 80 มีจำนวนร้อยละ 25 และครูที่ใช้เวลาในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ก่อนสอนร้อยละ 80 ขึ้นไป มีจำนวนร้อยละ 13

ตารางที่ 10 ความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพแรงจูงใจเดิมของผู้เรียน

สภาพแรงจูงใจเดิมของผู้เรียนที่ครูประเมิน		ความถี่	ร้อยละ
นักเรียนที่อยากเรียนต่อ	ไม่เกินร้อยละ 20	6	6
ในระดับที่สูงขึ้น	ร้อยละ 20 – 40	40	38
	ร้อยละ 40 – 60	14	13
	ร้อยละ 60 – 80	40	38
	ร้อยละ 80 ขึ้นไป	5	5
นักเรียนที่ชอบเรียน	ไม่เกินร้อยละ 20	0	0
วิทยาศาสตร์	ร้อยละ 20 – 40	21	20
	ร้อยละ 40 – 60	7	7
	ร้อยละ 60 – 80	21	20
	ร้อยละ 80 ขึ้นไป	56	53

จากตารางที่ 10 ครูผู้ตอบแบบสอบถามประเมินว่านักเรียนที่ต้องการเรียนต่อในระดับที่สูงขึ้นไม่เกินร้อยละ 20 มีร้อยละ 6 นักเรียนที่ต้องการเรียนต่อในระดับที่สูงขึ้น ร้อยละ 20-40 มีจำนวนร้อยละ 38 นักเรียนที่ต้องการเรียนต่อในระดับที่สูงขึ้น ร้อยละ 40-60 มีร้อยละ 13 นักเรียนที่ต้องการเรียนต่อในระดับที่สูงขึ้น ร้อยละ 60-80 มีจำนวนร้อยละ 38 นักเรียนที่ต้องการเรียนต่อในระดับที่สูงขึ้น ร้อยละ 80 ขึ้นไป มีจำนวนร้อยละ 5 ไม่มีครูคนใดตอบแบบสอบถามว่านักเรียนในโรงเรียนชอบเรียนวิชาวิทยาศาสตร์น้อยกว่าร้อยละ 20 ครูที่มีความเห็นว่านักเรียนในโรงเรียนชอบเรียนวิทยาศาสตร์ร้อยละ 20 – 40 มีจำนวนร้อยละ 20 ครูที่มีความเห็นว่านักเรียนในโรงเรียนชอบเรียนวิทยาศาสตร์ร้อยละ 40 – 60 มีจำนวนร้อยละ 7 ครูที่มีความเห็นว่านักเรียนในโรงเรียนชอบเรียนวิทยาศาสตร์ร้อยละ 60 – 80 มีจำนวนร้อยละ 20 และครูที่มีความเห็นว่านักเรียนในโรงเรียนชอบเรียนวิทยาศาสตร์ร้อยละ 80 ขึ้นไป มีจำนวน ร้อยละ 53

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 11 ผลการจัดเรียงความต้องการจำเป็นตามดัชนีความต้องการจำเป็น 10 อันดับแรก

ประเด็น	ด้าน	สภาพที่ควรจะเป็น (I)	สภาพที่เป็นอยู่ (D)	PNI = I-D/D	อันดับ
สื่อการเรียนการสอนที่ใช้ในปัจจุบันสามารถพัฒนาผู้เรียนให้สามารถสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์โดยใช้คอมพิวเตอร์ได้	สภาพทั่วไปของหลักสูตรฯ และสื่อฯ	4.08	3.26	0.25	1
วิเคราะห์กลวิธีการสอน	การออกแบบการเรียนการสอน	4.19	3.36	0.25	2
หลักสูตรสถานศึกษาฯ รายวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์โดยใช้คอมพิวเตอร์ได้	สภาทั่วไปของหลักสูตรฯ และสื่อฯ	3.99	3.21	0.24	3
กิจกรรมการเรียนรู้ที่ท่านใช้อยู่ **<u>สามารถ</u>**ส่งเสริมผู้เรียนให้สามารถสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์โดยใช้คอมพิวเตอร์ได้	สภาทั่วไปของหลักสูตรฯ และสื่อฯ	3.90	3.16	0.23	4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 11 ผลการจัดเรียงความต้องการจำเป็นตามดัชนีความต้องการจำเป็น 10 อันดับแรก (ต่อ)

ประเด็น	ด้าน	สภาพที่ควรจะเป็น (I)	สภาพที่เป็นอยู่ (D)	PNI = I-D/D	อันดับ
โปรแกรมสถานการณ์จำลองช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ ผ่านการระบุพฤติกรรมของแบบจำลองย่อยๆ ในปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ เช่น เมื่อปล่อยวัตถุ A ไปชนวัตถุ B วัตถุทั้งสองจะแสดงปรากฏการณ์การดลได้อย่างแม่นยำ	การใช้สถานการณ์จำลองในการสอน2	4.07	3.30	0.23	5
ปัจจุบันท่านมีการนำกิจกรรมที่มีการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนอยู่เป็นประจำ	การพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์	4.03	3.29	0.22	6
สื่อที่ใช้ในปัจจุบันสามารถพัฒนาผู้เรียนให้มีการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ดีได้	สภาพทั่วไปของหลักสูตรฯ และสื่อฯ	4.13	3.38	0.22	7
การสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน เพราะเป็นกิจกรรมที่ให้ความสำคัญกับหลักฐานหรือประจักษ์พยานของคำถามที่ตั้งขึ้น	ความต้องการกิจกรรมการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์	4.03	3.30	0.22	8

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 11 ผลการจัดเรียงความต้องการจำเป็นตามดัชนีความต้องการจำเป็น 10 อันดับแรก (ต่อ)

ประเด็น	ด้าน	สภาพที่ควรจะเป็น (I)	สภาพที่เป็นอยู่ (D)	PNI = I-D/D	อันดับ
โปรแกรมสถานการณ์จำลองช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ ผ่านการแสดงข้อมูลย้อนกลับให้กับผู้เรียนอย่างทันท่วงที	การใช้สถานการณ์จำลองในการสอน	4.01	3.29	0.22	9
กิจกรรมการเรียนรู้ที่มีการโต้แย้งสามารถส่งเสริมการเรียนรู้ได้ หากเปิดโอกาสให้ผู้เรียนนำเสนอหลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่ได้ให้ข้อมูลไป	การใช้กลยุทธ์การโต้แย้งในการสอน	4.12	3.40	0.22	10

จากตารางที่ 11 พบว่าความต้องการด้านสภาพทั่วไปของหลักสูตรสถานศึกษาและสื่อการเรียนรู้ที่ยังไม่สามารถส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการสร้างการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ ยังเป็นที่ต้องการของครูในลำดับแรก โดยเฉพาะอย่างยิ่งสื่อการเรียนการสอนที่ใช้ในปัจจุบันไม่สามารถพัฒนาผู้เรียนให้สามารถสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์โดยใช้คอมพิวเตอร์ได้ (PNI = 0.25) รองลงมาเป็นความต้องการในด้านการใช้สถานการณ์จำลองในการพัฒนาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นว่าโปรแกรมสถานการณ์จำลองช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ได้ ผ่านการระบุพฤติกรรมของแบบจำลองย่อย ๆ ในปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ เช่น เมื่อปล่อยวัตถุ A ไปชนวัตถุ B วัตถุทั้งสองจะแสดงปรากฏการณ์การดลได้อย่างแม่นยำ (PNI = 0.23) นอกจากนี้ยังพบว่าครูยังมีความต้องการในด้านการออกแบบการเรียนการสอน โดยเฉเพาะเรื่องการวิเคราะห์กลวิธีการสอน (PNI = 0.25) ความต้องการในการพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ของผู้เรียน โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มตัวอย่างเห็นว่ายังมีการนำกิจกรรมที่มีการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนไม่มากนัก (PNI = 0.22) ความต้องการในด้านกิจกรรมการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะกลุ่มตัวอย่างเห็นว่าปัจจุบันยังใช้การสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนกิจกรรมที่ให้ความสำคัญกับหลักฐานหรือประจักษ์พยาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ของคำถามที่ตั้งขึ้นไม่มากพอ (PNI = 0.22) และความต้องการด้านกลยุทธ์การโต้แย้ง โดยเฉพาะกลุ่มตัวอย่างเห็นว่า ยังใช้กิจกรรมการเรียนรู้ที่มีการโต้แย้งสามารถส่งเสริมการเรียนรู้โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนนำเสนอหลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่ได้ให้ข้อมูลไปไม่มากพอ (PNI = 0.22)

ตอนที่ 2 ผลการพัฒนาโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองและการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

จากการที่ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ และสังเคราะห์แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความจริงเสมือน สถานการณ์จำลอง การสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ การสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ กลยุทธ์การโต้แย้ง และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ แล้วนำไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินความเหมาะของการใช้โมเดลการออกแบบฯ พบว่าได้ผลดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานผลการประเมินความเหมาะสมของการใช้โมเดลการออกแบบฯ ในการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ

ประเด็นการพิจารณา	$\bar{X}$	*SD*	ระดับความคิดเห็น
1. ขั้นระบุเป้าหมายของการเรียนรู้	4.20	0.84	เหมาะสมมาก
2. ขั้นวิเคราะห์พฤติกรรมตั้งต้น	4.00	1.00	เหมาะสมมาก
3. ขั้นวิเคราะห์กลยุทธ์การสอน	4.40	0.55	เหมาะสมมาก
4. ขั้นวิเคราะห์บทบาทผู้สอน	4.20	0.45	เหมาะสมมาก
5. ขั้นระบุจุดประสงค์ของการเรียนรู้	4.40	0.55	เหมาะสมมาก
6. ขั้นสร้างเนื้อหา	4.00	0.71	เหมาะสมมาก
7. ขั้นออกแบบ เนื้อหา สตอรี่บอร์ด/ ไวร์เฟรม	4.20	0.84	เหมาะสมมาก
8. ขั้นสร้างแบบทดสอบอิงเกณฑ์	4.40	0.55	เหมาะสมมาก
9. ขั้นพัฒนาระบบและกลยุทธ์ในการส่งถ่ายข้อมูล	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
10. ขั้นพัฒนากลยุทธ์การจัดการของผู้ดูแลระบบ	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
11. ขั้นสร้างโปรแกรมต้นแบบ	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานผลการประเมินความเหมาะสมของการใช้โมเดลการออกแบบฯ ในการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ (ต่อ)

ประเด็นการพิจารณา	$\overline{X}$	*SD*	ระดับความคิดเห็น
12. ขั้นปรับปรุงโปรแกรมต้นแบบ	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
13. ขั้นทดลองใช้โปรแกรมต้นแบบ	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
14. ขั้นใช้โปรแกรมจริง	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
15. ขั้นติดตามการใช้งาน	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
16. ขั้นให้ผลย้อนกลับ	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
17. ขั้นประเมินผลการเรียนรู้	4.40	0.89	เหมาะสมมาก
18. ขั้นปรับปรุงสถานการณ์จำลองเสมือนจริง	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
รวม	**4.53**	**0.62**	**เหมาะสมมากที่สุด**

จากตารางที่ 12 แสดงให้เห็นผลการประเมินความเหมาะสมของการใช้โมเดลการออกแบบฯ ในการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ พบว่า ขั้นตอนการออกแบบโปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ โดยภาพรวมมีความเหมาะสมระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.53, *SD* = 0.62) โดยขั้นที่มีความเหมาะสมมากที่สุด คือ ขั้นพัฒนากลยุทธ์การจัดการของผู้ดูแลระบบ ($\overline{X}$ = 5.00, *SD* = 0.00) และขั้นปรับปรุงโปรแกรมต้นแบบ ($\overline{X}$= 5.00, *SD* = 0.00) รองลงมาได้แก่ ขั้นพัฒนาระบบและกลยุทธ์ในการส่งถ่ายข้อมูล ($\overline{X}$ = 4.80, *SD* = 0.45) ขั้นสร้างโปรแกรมต้นแบบ ($\overline{X}$ = 4.80, *SD* = 0.45) ขั้นทดลองใช้โปรแกรมต้นแบบ ($\overline{X}$= 4.80, *SD* = 0.45) ขั้นใช้โปรแกรมจริง ($\overline{X}$= 4.80, *SD* = 0.45) ขั้นให้ผลย้อนกลับ ($\overline{X}$= 4.80, *SD* = 0.45) ขั้นปรับปรุงสถานการณ์จำลองเสมือนจริง ($\overline{X}$ = 4.80, *SD* = 0.45) และขั้นที่มีความเหมาะสมน้อยที่สุด ได้แก่ ขั้นวิเคราะห์พฤติกรรมตั้งต้น ($\overline{X}$ = 4.00, *SD* = 1.00) ขั้นสร้างเนื้อหา ($\overline{X}$ = 4.00, *SD* = 0.71)

ตอนที่ 3 ผลการศึกษาผลการใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

จากการที่ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาโปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ ตามขั้นตอนของโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ แล้วนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนศรีสะเกษวิทยาลัย จำนวน 40 คน วิเคราะห์ผลด้วยการทดสอบที (dependent t test) ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 13 ผลการทดสอบที ค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน และหลังเรียน โดยใช้โปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ

ความสามารถ		ค่าเฉลี่ย	*SD*	t	df	p-value
การตั้งสมมติฐาน	ก่อนเรียน	5.35	1.08	1.38	39	0.17
	หลังเรียน	5.60	0.81			
การควบคุมและออกแบบการทดลอง	ก่อนเรียน	4.53	1.13	2.18	39	0.04*
	หลังเรียน	5.00	1.24			
การประเมินประจักษ์พยาน	ก่อนเรียน	4.23	1.10	-0.16	39	0.88
	หลังเรียน	4.20	1.20			
การใช้องค์ความรู้ที่เกี่ยวกับความจริง	ก่อนเรียน	3.33	1.53	2.60	39	0.01*
	หลังเรียน	3.80	1.56			
การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์โดยรวม	ก่อนเรียน	17.43	3.01	3.63	39	0.00*
	หลังเรียน	18.60	2.79			

*p < .05

จากตารางที่ 13 ผลการทดสอบสถิติ พบว่า คะแนนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้ยังพบว่าคะแนนความสามารถด้านการควบคุมและออกแบบการทดลอง และความสามารถด้านการใช้องค์ความรู้ทีเกี่ยวกับความจริงหลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และในทางตรงกันข้าม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

พบว่า คะแนนความสามารถด้านการตั้งสมมติฐาน และความสามารถด้านการประเมินประจักษ์พยานไม่มีความแตกต่างกันระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

ตารางที่ 14 ผลการทดสอบที ค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยโปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริง

ความสามารถ		ค่าเฉลี่ย	*SD*	t	Df	p-value
การสร้างแบบจำลอง	ก่อนเรียน	2.93	0.80	1.50	39	0.14
	หลังเรียน	3.15	0.58			
การทดสอบแบบจำลอง	ก่อนเรียน	3.05	0.93	3.46	39	0.00*
	หลังเรียน	3.58	0.71			
การประเมินแบบจำลอง	ก่อนเรียน	2.63	1.35	1.66	39	0.10
	หลังเรียน	2.98	1.00			
การสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์โดยรวม	ก่อนเรียน	8.69	2.47	2.71	39	0.01*
	หลังเรียน	9.70	1.68			

*p < .05

จากตารางที่ 14 ผลการทดสอบที พบว่า คะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้ยังพบว่าความสามารถด้านการทดสอบแบบจำลองหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อีกด้วย แต่ในทางตรงกันข้าม พบว่า ความสามารถด้านการสร้างแบบจำลอง และความสามารถด้านการประเมินแบบจำลองไม่แตกต่างกันระหว่างกันเรียนและหลังเรียน

ตอนที่ 4 ผลการประเมินรับรองโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้งกับการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

จากการสังเคราะห์โมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ นำเสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิเพื่อประเมินรับรอง ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 15 ผลการประเมินรับรองโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ

ผู้ทรงคุณวุฒิคนที่	ผลการประเมิน	ระดับ
1	3	ดี
2	4	ดีมาก
3	4	ดีมาก
4	4	ดีมาก
5	4	ดีมาก
ฐานนิยม	4	ดีมาก

จากตารางที่ 15 พบว่าฐานนิยมของผลการประเมินรับรองอยู่ที่ระดับ 4 ซึ่งกล่าวได้ว่าโมเดลการออกแบบฯ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีความเหมาะสมในระดับดีมาก นอกจากนี้ผู้ทรงคุณวุฒยังได้ให้ข้อเสนอแนะบางประการ ได้แก่ 1) ควรให้เหตุผลลงไปในโมเดลการออกแบบว่าเหตุใดลักษณะสำคัญของการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์จึงมี 6 องค์ประกอบ 2) อาจปรับแผนภาพโมเดลให้สวยงามและอ่านชัดเจนขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 16 ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบสานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ

ประเด็นการพิจารณา	$\overline{X}$	*SD*	ระดับความคิดเห็น
1. องค์ประกอบของสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ	4.50	0.61	เหมาะสมมากที่สุด
1.1 ความจริงเสมือน	4.40	0.55	เหมาะสมมาก
1.2 สถานการณ์จำลอง	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
1.3 คุณลักษณะสำคัญของการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์	4.60	0.89	เหมาะสมมากที่สุด
1.4 กลยุทธ์การโต้แย้ง	4.40	0.55	เหมาะสมมาก
2. โมดูลการเรียนรู้	4.75	0.44	เหมาะสมมากที่สุด
2.1 โมดูลนักพยากรณ์	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
2.2 โมดูลนักพิสูจน์	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
2.3 โมดูลนักประเมิน	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
2.4 โมดูลผู้รู้แจ้ง	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
3. กิจกรรมการเรียนรู้ภายในโมดูล	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
4. วิธีการประเมินผลการเรียนรู้	4.40	0.55	เหมาะสมมาก
5. การออกแบบกลยุทธ์การสอน	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
6. การนำโปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ ไปใช้จริง	4.40	0.89	เหมาะสมมาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากตารางที่ 16 พบว่า ประเด็นที่ผู้ทรงคุณวุฒิมาความคิดเห็นว่ามีความเหมาะสมมากที่สุด คือกลยุทธ์การสอนที่อยู่ในโปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ ($\overline{\mathbf{X}}$ = 4.80, *SD* = 0.45) รองลงมา ได้แก่ โมดูลการเรียนรู้ ($\overline{\mathbf{X}}$ = 4.75, *SD* = 0.44) และกิจกรรมการเรียนรู้ภายในโมดูล ($\overline{\mathbf{X}}$ = 4.60, *SD* = 0.55) ตามลำดับ และประเด็นที่มีความเหมาะสมน้อยที่สุด ได้แก่ วิธีการประเมินผลการเรียนรู้ ($\overline{\mathbf{X}}$ = 4.40, *SD* = 0.55) และ การนำโปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ ไปใช้จริง ($\overline{\mathbf{X}}$ = 4.40, *SD* = 0.89)

ตารางที่ 17 ผลการประเมินรับรองรูปแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ

ผู้ทรงคุณวุฒิคนที่	ผลการประเมิน	ระดับ
1	3	ดี
2	4	ดีมาก
3	4	ดีมาก
4	4	ดีมาก
5	4	ดีมาก
ฐานนิยม	4	ดีมาก

จากตารางที่ 17 พบว่าฐานนิยมของผลการประเมินรับรองอยู่ที่ระดับ 4 ซึ่งกล่าวได้ว่าโปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีความเหมาะสมในระดับดีมาก นอกจากนี้ผู้ทรงคุณวุฒิยังได้ให้ข้อเสนอแนะบางประการ ได้แก่ 1) ควรมีอ้างอิงสำหรับองค์ประกอบของคุณลักษณะสำคัญของการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ เนื่องจากมีเพิ่มขึ้นมาจาก 5 เป็น 6 องค์ประกอบ 2) เครื่องมือบางอย่างบังเนื้อหา ควรใช้เป็นหน้าต่างแทน 3) แบบทดสอบมีขนาดเล็กเกินไปทำให้อ่านยาก 4) ในหน้าต่างให้ข้อมูลเกี่ยวกับการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ ควรมีตัวอย่างการออกแบบการทำผลที่ได้จากการตั้งคำถามประกอบด้วยเพื่อให้ผู้เรียนได้เห็นภาพความสัมพันธ์ระหว่างคำถามและวิธีการออกแบบการทดลอง 5) ควรเพิ่มสถานการณ์ตั้งต้น เช่น สถานการณ์ที่เกี่ยวกับยางรถยนต์และการออกแบบการทดลองเกี่ยวกับยาง 6) ในสถานการณ์ตั้งต้นของการสืบสอบควรเพิ่มเงื่อนไขที่ทำให้ผู้เรียนตัดตัวแปรที่ไม่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์จำลองออก เพื่อให้ผู้เรียนกำหนดเป้าหมายของการสืบสอบที่แคบเข้าหาการศึกษาเกี่ยวกับการถ่ายโอนความร้อน 7) เมื่อจบการเรียนด้วยโปรแกรมผู้เรียนควรได้รับรางวัลบางอย่าง เช่น ข้อความยืนยันว่าเขาจะสอบได้ดีขึ้นแน่นอน หรือการแสดงอันดับของคะแนน

บทที่ 5
โมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

การนำเสนอโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง มีการดำเนินงาน 2 ตอน ดังต่อไปนี้

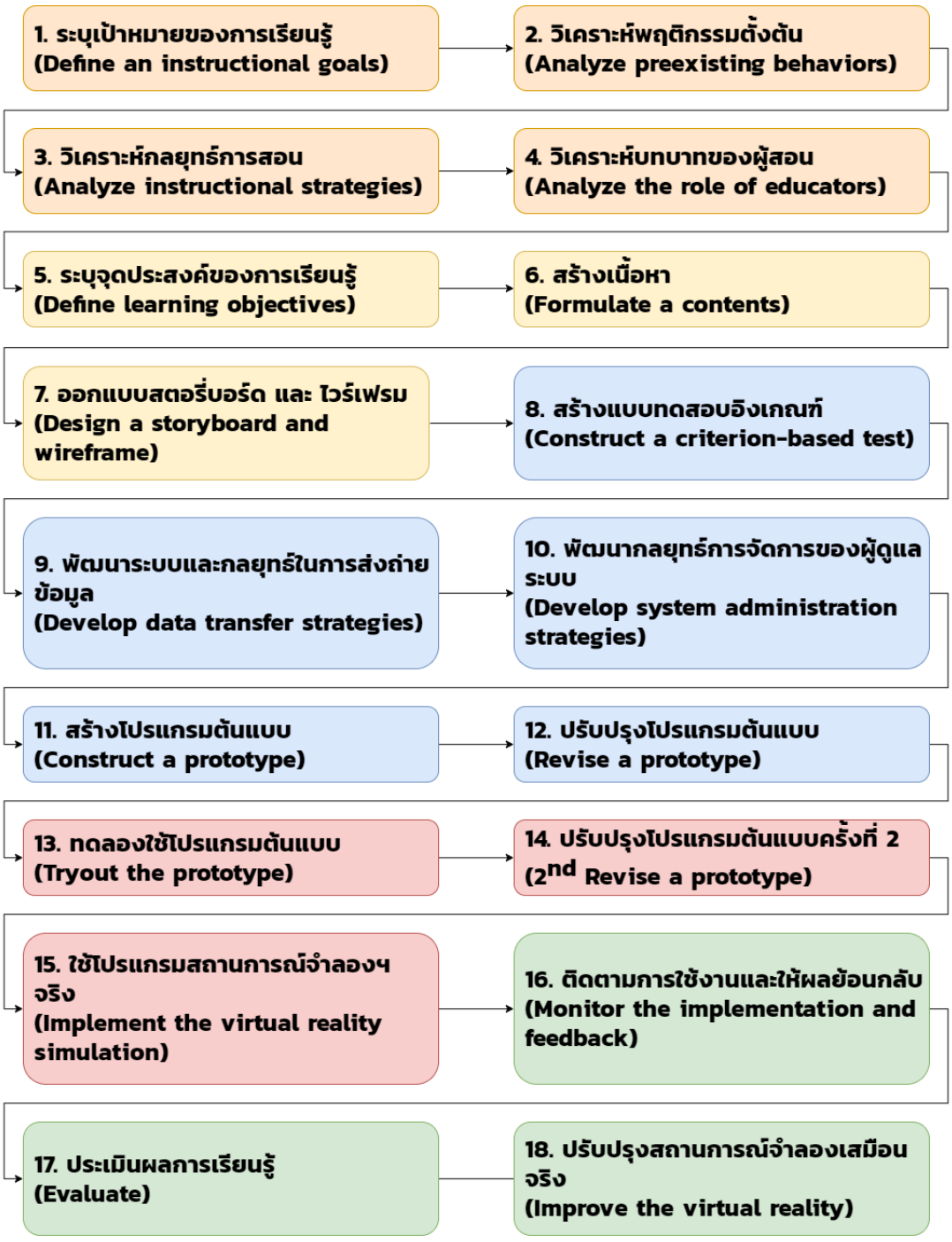
ตอนที่ 1 การนำเสนอโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

ตอนที่ 2 การนำเสนอรูปแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

ตอนที่ 1 การนำเสนอโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

รายละเอียดการออกแบบออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง แบ่งออกเป็น 18 ขั้นตอน ดังภาพที่ 16

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 16 โมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

ขั้นที่ 1: ระบุเป้าหมายของการเรียนรู้ (Identify Instructional Goals)

เป็นขั้นตอนแรกเริ่มของโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริง ที่จะเป็นการระบุเป้าหมายแห่งการเรียนรู้ขึ้นใหม่ทุกครั้งที่มีการออกแบบออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ ที่ต้องการให้ผู้เรียนมีเกิดความเชี่ยวชาญหลังจากที่ได้เรียนรู้ผ่านสถานการณ์จำลองเสมือนจริง ทั้งนี้เป้าหมายของการเรียนการสอนควรได้มาจากการทำรายการของเป้าหมายการสอน การวิเคราะห์สมรรถนะที่จำเป็น การวิเคราะห์ความต้องการจำเป็น การมองหาปัจจัยขัดขวางการเรียนรู้ หรือจากการลงมือปฏิบัติของผู้เรียน

การวิเคราะห์ความต้องการจำเป็น เป็นการวิเคราะห์ระยะห่างระหว่างเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ กับสภาวะที่กำลังเป็นอยู่ของผู้เรียนในโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองฯ ผู้วิจัยแนะนำให้ใช้วิธีการวิเคราะห์เอกสาร (Document analysis) เนื่องจากมีผู้เคยศึกษาเกี่ยวกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แล้ว จากวารสารชั้นนำ เช่น Developmental Review, Child Development, Journal of Research in Science Teaching, Studies in Science Education, Science Education และ Scandinavian Journal of Educational Research เป็นต้น

<u>ตัวอย่างผลของการใช้โมเดลการออกแบบฯ</u>

จากการทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้องพบว่า มีนักวิทยาศาสตร์ศึกษาของประเทศฟินแลนด์ ซึ่งเป็นประเทศที่มีระดับการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์เป็นอันดับต้นๆ ของโลก ได้เสนอแนวคิดว่า

> *“PISA เป็นการประเมินความสามารถของผู้เรียนว่าจะดำรงชีวิตในอนาคตได้ดีเพียงใดเท่านั้น ซึ่งความเป็นจริงแล้ว PISA ประเมินมันผ่านทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์”* (Thuneberg et al., 2014)”

จากแนวคิดดังกล่าวทำให้ทราบว่า เราสามารถใช้คะแนนการประเมินการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์จาก PISA ของ OECD ในการวิเคราะห์ความต้องการจำเป็นของการใช้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้

ผลการประเมิน PISA ของประเทศไทยชี้ให้เห็นว่านักเรียนไทยมีการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ในระดับต่ำกว่าครึ่ง ดังนั้นหากเราสามารถพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้ก็ย่อมส่งผลให้การรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนสูงขึ้นด้วยเช่นกัน

ความก้าวหน้าของวิทยาการทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นได้ในปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นผลผลิตที่ได้มาจากการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ ดังนั้นเราจึงควรผลิตบุคคลที่มีความพร้อม

ด้านความสามารถในการใช้คอมพิวเตอร์ในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไปพร้อม ๆ กับการมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ แต่ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ ความพร้อมของครู ความพร้อมของห้องปฏิบัติการ และเวลาในการจัดกิจกรรม กลับเป็นอุปสรรคในการเสริมสร้างทักษะทั้งสอง

ขั้นที่ 2: วิเคราะห์พฤติกรรมตั้งต้น (Analyze preexisting behaviors)

เป็นขั้นตอนที่สำคัญในการระบุว่าผู้เรียนเป็นใคร ซึ่งผู้เรียนอาจหมาย นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น หรือระดับอื่น ๆ ก็ได้ ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดว่านักพัฒนาสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ จะต้องเลือกสื่อ และสถานณ์แบบใดในการกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ระหว่างทางแห่งการเรียนรู้ ซึ่งผู้เรียนสามารถถูกวิเคราะห์ได้จากหลายตัวแปร อย่างเช่น

วิเคราะห์จากลักษณะพื้นฐานทั่วไป (General characteristics) เช่น ระดับ อายุ เพศ สภาพจิตใจ อารมณ์ ปัญหาทางร่างกายหรือสังคม หรือ เศรษฐานะ เป็นต้น

วิเคราะห์ได้จากสมรรถนะที่มีมาก่อน (Specific entry competencies) เช่น ความรู้เดิม ทักษะที่มีอยู่เดิม หรือทัศนะเกี่ยวกับเรื่องที่กำลังจะเรียน เป็นต้น

วิเคราะห์จากสไตล์การเรียนรู้ เช่น Visual, Musical, Verbal หรือ Logical เป็นต้น

<u>ตัวอย่างผลการใช้โมเดลการออกแบบฯ</u>

<u>การวิเคราะห์ความรู้เดิมที่จำเป็น</u> ได้ผลดังนี้

- จากการวิเคราะห์เอกสารจะทำให้ทราบว่ามโนมติที่สามรถใช้ในการส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ดี มีอะไรบ้าง ซึ่งจากการวิเคราะห์เอกสารพบว่า มโนมติที่สามารถใช้ในการพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ได้แก่ โมเมนต์ของแรง การเปลี่ยนแปลงพลังงานของระบบ (Meindertsma et al., 2014) กระบวนการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม (Tsui & Treagust, 2009) สารและการเปลี่ยนแปลงของสาร การสมดุลการเชิงฟิสิกส์ นัยสำคัญ การอนุรักษ์มวล ปริมาตร มวลและปริมาตร กราฟและความหนาแน่น การจม การลอยและความหนาแน่น และความร้อนกับอุณหภูมิ (Acar, 2014)

- นอกจากนี้ยังพบว่าทักษะที่จำเป็นในการเรียนรู้เพื่อให้พัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ดี ต้องมี กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และทักษะการใช้คอมพิวเตอร์สร้างแบบจำลอง

การวิเคราะห์ความหมายและองค์ประกอบของความสามารถในการให้เหตุผล (Reasoning ability) ได้ผลดังนี้

The Berlin Intelligence Structure Model (Freund & Holling, 2008) ให้นิยามว่าความสามารถในการให้เหตุผลเป็นการดำเนินการของสารสนเทศที่ซับซ้อนในภารกิจซึ่งไม่สามารถแก้ได้โดยทันทีทันใด แต่ค่อนข้างที่จะต้องใช้เนื้อหาสาระ (Subject) ในการสร้างความสัมพันธ์ของหลาย ๆ สิ่ง และใช้การให้เหตุผลแบบเป็นทางการเชิงตรรกะอย่างแม่นยำ (Exact formal – logical reasoning) เกี่ยวกับสารสนเทศที่ใช้ในการแก้ปัญหา

ตัวอย่างการวิเคราะห์ลักษณะของผู้เรียน ได้ผลดังนี้

- เป็นนักเรียนขั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เนื่องจากมีองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่จำเป็นเพียงพอสำหรับฝึกฝนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้

ตัวอย่างการวิเคราะห์สไตล์การเรียนรู้ (Learning Style) ได้ผลดังนี้

Kolb (1971 อ้างถึงใน Compton & Compton, 2016) ได้เสนอทฤษฎีเกี่ยวกับสไตล์การเรียนรู้ไว้ว่า ผู้เรียนมีวิธีการที่จะได้มาซึ่งความรู้นั้นมี 4 โหมด ดังนี้

1) เรียนรู้จากประสบการณ์จริงเชิงรูปธรรม (Concrete experience mode) ซึ่งการเรียนรู้เรียนจะตั้งอยู่บนประสบการณ์และการตัดสินที่อยู่บนประสบการณ์จริง ลักษณะบ่งชี้คือ มักเป็นผู้ลงมือทำ และตัดสิน ดังนั้นสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ ต้องออกแบบให้มีความสมจริงที่สุดทั้งในแง่ของการเป็นวัตถุจำลองและพฤติกรรมเชิงฟิสิกส์

2) เรียนรู้จากการเรียนเชิงนามธรรม (Abstract Conceptualization mode) ซึ่งการเรียนรู้จะเกิดขึ้นจากกระบวนการคิดเชิงตรรกะที่เกี่ยวเนื่องกับการวิเคราะห์มโนมติ ลักษณะบ่งชี้คือ มักเป็นผู้คิด และวิเคราะห์ ดังนั้นสถานการณ์จำลองเสมือนจริงต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการคิดเชิงตรรกะโดยแทรกกระบวนการโต้แย้งในทุกๆ โมดูลของสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ

3) เรียนรู้จากการทดลองและปฏิบัติ (Active Experimentation mode) ที่การเรียนรู้จะประสบผลสำเร็จดีที่สุดด้วยกิจกรรมที่เกี่ยวกับในชั้นเรียน ลักษณะบ่งชี้คือ

เป็นผู้ร่วมกิจกรรมอย่างตื่นตัว ดังนั้นสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ ต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทำการทดลอง

4) เรียนรู้จากการสังเกตและไตร่ตรอง (Reflective Observation Mode) ซึ่งการเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้ดีที่สุดเมื่อแต่ละบุคคลได้เป็นผู้สังเกตการณ์ สะท้อนคิด ลักษณะบ่งชี้ได้แก่ มักสังเกต และสะท้อนคิด ดังนั้นสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ ต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สังเกตเหตุการณ์ต่างๆ จากสถานการณ์จำลองฯ เพื่อนำไปใช้ในการสะท้อนความคิดและโต้แย้ง

<u>ตัวอย่างการวิเคราะห์แรงจูงใจเดิมของผู้เรียน</u> ได้ผลดังนี้

- ขั้นตอนนี้นักพัฒนาสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ ควรเก็บข้อมูลจากแบบสอบถามอย่างง่าย เช่น Google form หรือ Kahoot

ซึ่งผลการสำรวจพบว่านักเรียนเกินกว่าร้อยละ 80 ต้องการเรียนต่อในระดับที่สูงขึ้น แต่มีเพียงไม่ถึงร้อยละ 50 ที่ชอบเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์มากที่สุด

ขั้นที่ 3: วิเคราะห์กลยุทธ์การสอน (Analyze instructional strategies)

ในขั้นตอนนี้นักพัฒนาสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ ควรใช้วิธีการวิเคราะห์เอกสารจากวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ได้มาซึ่งกลยุทธ์การสอน และเทคนิค สำคัญในการนำไปใช้ในการออกแบบโปรแกรมสถานการณ์จำลอง ซึ่งแหล่งสืบค้นสำคัญๆ ได้แก่ Developmental Review, Child Development, Journal of Research in Science Teaching, Studies in Science Education, Science Education, Scandinavian Journal of Educational Research, Computers and Education, CBE Life Sciences Education และ International Journal of Science Education เป็นต้น

<u>ตัวอย่างผลการใช้โมเดลการออกแบบฯ</u>

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบสำคัญของกลยุทธ์ที่ใช้ในการพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จากงานวิจัยในช่วง ปี 2010 – 2019 มีดังนี้

1) ไม่พบงานวิจัยที่ใช้ความจริงเสมือนเพื่อส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
2) ไม่พบงานวิจัยที่ใช้สถานการณ์จำลองที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

3) องค์ประกอบที่สำคัญของการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ มีดังนี้

Hestenes (1999, อ้างถึงใน Psycharis, 2013) กล่าวว่า ตัวชี้วัดของการสร้างแบบจำลองว่าประกอบไปด้วย

1. โครงสร้างเชิงระบบ (Systemic structure) ที่ระบุได้ถึง องค์ประกอบที่อยู่ในส่วนต่างๆ ของระบบ (Composition) สภาพแวดล้อมที่เชื่อมโยงกับระบบ (Environment) การเชื่อมโยงอิทธิพลขององค์ประกอบภายนอกและภายใน (Connection)

2. โครงสร้างเชิงเรขาคณิต (Geometric structure) ที่ระบุได้ถึง ตำแหน่งที่มีสัดส่วนถูกต้อง โครงร่างภายนอก (Configuration) ที่มีสัดส่วนสัมพันธ์กันในแต่ละส่วน

3. โครงสร้างชั่วคราว (Temporal structure) ที่ระบุได้ถึง การเปลี่ยนแปลงของตัวแปรและคุณสมบัติของระบบ (System properties) แบบจำลองเชิงพรรณนาที่สามารถใช้แทนการเปลี่ยนแปลงนั้นๆ ผ่านสมการภายใต้เงื่อนไขของกฎต่าง ๆ

4. โครงสร้างปฏิสัมพันธ์ (Interaction structure) ที่ระบุได้ถึง กฎแห่งความสัมพันธ์ที่ส่งผลต่อการเชื่อมโยงสาเหตุไปยังผล ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในรูปฟังก์ชั่น

Mulder et al. (2016) ใช้สภาพแวดล้อมทางการเรียนรู้ด้วยการสร้างแบบจำลองโดยใช้คอมพิวเตอร์ในการเป็นตัวช่วยเสริมศักยภาพให้กับผู้เรียนในการพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน โดยสภาพแวดล้อมที่ผู้กลุ่มผู้วิจัยใช้ประกอบไปด้วยเครื่องมือสำคัญในการแก้ไขแบบจำลอง (Model editor) ได้แก่ ตัวสร้างแผนภูมิแท่ง (Bar chart) และ เครื่องมือสร้างกราฟ (Graph tool) ซึ่งเครื่องมือสร้างแบบจำลองนี้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนสร้างสิ่งแทนองค์ความรู้เกี่ยวกับระบบการควบคุมระดับกลูโคสด้วยอินซูลิน ด้วยการคำนวนทางคอมพิวเตอร์ ซึ่งโปรแกรมสามารถจำลองระบบที่เป็นพลวัตได้ ตัวแปรต่างๆ เป็นองค์ประกอบของแบบจำลอง และสามารถแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่ 1) ตัวแปรที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้ เช่น ค่าคงที่ต่างๆ 2) ตัวแปรที่ใช้ผนวกกับตัวแปรอื่นๆ เช่น ตัวแปรช่วย (Auxiliary) และ 3) ตัวแปรที่สามารถสะสมได้ เช่น หุ้น ซึ่งความสัมพันธ์ใช้ในการระบุว่าตัวแปรตั้งแต่ 2 ตัวส่งผลถึงกันอย่างไร และความสัมพันธ์แต่ละรูปแบบใช้ลูกศรเชื่อมโยงเป็นตัวแทนแสดงทิศทางของอิทธิพล และยังสามารถเลือกคุณภาพของความสัมพันธ์ได้โดยการเรียกใช้เมนูแบบดรอบดาวน์ (Dropdown menu)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Wu et al. (2013) ศึกษาและค้นพบว่าโปรแกรมที่ช่วยสนับสนุนให้ผู้เรียนสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์เพื่อพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน ประกอบไปด้วย 4 โหมด ได้แก่ สร้าง (Build) ทดสอบ (Test) ประยุกต์ใช้ (Apply) และกรณีศึกษา (Case)

ในโหมดสร้างแบบจำลอง ผู้เรียนสามารถกำหนดตัวแปรหลัก และพยากรณ์ว่าตัวแปรจะมีผลอย่างไต่อความเข้มข้นของมลพิษในแต่ละพื้นที่ โดยการสร้างสมมติฐานเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ในโหมดนี้ยังแสดงให้เห็นถึงความรู้เดิมของผู้เรียนเกี่ยวกับแบบจำลองการแพร่กระจายอีกด้วย

ในโหมดทดสอบแบบจำลอง ผู้เรียนจะได้ทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ตั้งไว้ทีละตัว จากรายการตัวแปร ในขณะที่ตัวแปรอื่นๆ ถูกควบคุมไว้ หลังจากที่ผุ้เรียนใส่ค่าตัวแปรลงในหน้าต่างป๊อปอัพ จากนั้นจึงกดให้ระบบจำลองสถานการณ์ ซึ่งสถานการณ์จำลองถูกสร้างขึ้นจากแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์จริง (AERMOD) และตอบสนองต่อผู้ใช้ด้วยลักษณะหน้าจอรหัสสี (Color – coded display) ซึ่ง AERMOD ถูกฝังเข้าไปในเครื่องมือสร้างแบบจำลองเพื่อให้ผู้ใช้พบเจอกับบริบทที่แท้จริงที่จะสาธิตการฝึกให้เหตุผล มากกว่าสืบค้นข้อมูลจากฐานข้อมูล และเครื่องมือจะดำเนินงานสมการของ AERMOD เพื่อสร้างสถานการณ์จำลองเพื่อให้ผู้ใช้ได้ทดสอบ และเปรียบเทียบสมมติฐานที่ได้พยากรณ์เอาไว้ นอกจากนั้นในโหมดการทดสอบแบบจำลองนี้ยังเปิดโอกาสให้ผู้เรียนศึกษาผลของการจำลองสถานการณ์แบบ 2 ตัวแปรได้พร้อมๆ กัน และเลือกค่าตัวแปรรที่แตกต่างกันได้โดยการคลิกเลือกที่ ไอคอน “i” ที่ด้านบนของหน้าต่างผลการจำลองสถานการณ์ นอกจากนั้นผู้ใช้ยังสามารถคลิกเลือกปุ่ม “Double cursor” เพื่อควบคุมหน้าจอทั้ง 2 พร้อมๆ กันในการเลือกตำแหน่งสถานที่ได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โหมดประยุกต์ใช้ มีหน้าที่ช่วยสนับสนุนผู้ใช้ให้เผชิญกับกระบวนการให้เหตุผลที่อาศัยความชำนาญมากขึ้น ซึ่งในโหมดนี้เป็นการให้ผู้ใช้จัดการกับตัวแปรอิสระทุกทั่วในครั้งเดียวพร้อมๆ กัน ซึ่งผู้ใช้จะต้องสังเกตผลที่เกิดขึ้นนั้นจากอิทธิพลของตัวแปริงพหุที่มีต่อการแพร่กระจายของมลสารทางอากาศ ซึ่งระหว่างโหมดทดสอบและโหมดประยุกต์ผู้ใช้สามารถเลือกโหมดใดก่อนก็ได้ตามความชอบและความถนัดในการอธิบายความสัมพันธ์

และเพื่อเป็นการเชื่อมโยงผลการจำลองสถานการณ์ให้ชัดเจนยิ่งขึ้น ระบบใช้กรณีศึกษาจากเรื่องจริง 6 กรณีศึกษา ซึ่งแต่และกรณีศึกษาประกอบไปด้วยตำแหน่งของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน และสารสนเทศสำคัญของโรงไฟฟ้าแต่ละแห่ง เช่น ความเร็วลม สภาวะอากาศ สถานการณ์ทางภูมิศาสตร์ (Topographical situation) และแผนที่ ผู้ใช้สามารถเลือกกรณีศึกษา และใช้แบบจำลองต่างๆ เพื่อสร้างคำพยากรณ์เกี่ยวกับกรณีศึกษานั้น สืบค้นข้อมูล นำเสนอผล

และเปรียบเทียบผลของคำพยากรณ์นั้น และโหมดนี้ใช้ในการพิสูจน์ว่าผู้ใช้บูรณาการผลของความสัมพันธ์เชิงพหุในกรณีศึกษาและทดสอบแบบจำลองที่ดูขัดแย้งกับข้อมูลได้อย่างไร

4) องค์ประกอบที่สำคัญของการสืบสอบที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ มีดังนี้

Kyza et al. (2011) พบว่า การใช้สภาพแวดล้อมทางการเรียนรู้แบบสืบสอบบนเว็บ (STOCHASMOS) สามารถช่วยส่งเสริมการให้เหตุที่ใช้ประจักษ์พยานเป็นฐาน ซึ่งจัดได้ว่าเป็นความสามารถย่อยของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ตามที่ผู้วิจัยกำหนด ซึ่งมีเครื่องมือสำคัญที่ประกอบไปด้วย

1) ส่วนต่อประสานผู้ใช้ (Tabbed interface) เป็นส่วนนำเสนอข้อมูลด้วยส่วนต่อประสานผู้ใช้แบบแทบ ที่แบ่งสารสนเทศในการนำเสนอทั้งแบบข้อความ ภาพ หรือเสียง นอกจากนี้แต่ละแทปยังสามารถแยกออกเป็นหน้าใหม่ได้อีกด้วย ซึ่งปรับปลี่ยนหน้าตาไปเป็นรายการเมนูแทนแทปที่ปรากฏ และแต่ละแทป ผู้ใช้สามารถสร้างกราฟได้จากทุกแทป โดยเข้าถึงข้อมูลได้อย่างง่ายดาย และส่วนที่สำคัญที่สุดคือแทบแรกที่เป็นแทบแสดงบทบาทของผู้ใช้ (My Role) ซึ่งผู้เรียนจะต้องตั้งคำถามสำหรับการสืบสอบในแทบนี้ก่อนเสมอ

2) ส่วนนำเสนออภิธานศัพท์ (Glossery) เป็นเครื่องมือที่ใช้อำนวยความสะดวกแก่ผู้เรียนที่จะเข้าถึงนิยามศัพท์เฉพาะได้อย่างรวดเร็ว คำที่มีอยู่ในอภิธานศัพท์จะปรากฏสีเขียวและขีดเส้นใต้ไว้อย่างชัดเจน ไม่เมาส์เคลื่อนที่ผ่านจะปรากฏหน้าต่างนิยามของคำศัพท์ปรากฏขึ้น

3) เครื่องมือเขียนกราฟ (Graph tool) เป็นเครื่องมือที่สนับสนุนให้ผู้เรียนสามารถเปรียบเทียบข้อมูลเชิงตัวเลขในรูปแบบกราฟต่างๆ ได้

4) คำบอกใบ้ (Hint) เป็นเครื่องมือใช้บอกใบ้คำอธิบายที่เกี่ยวข้องกับงานที่ผู้เรียนถูกคาดหวังจะให้ทำ

Jensen and Lawson (2011) พบว่า กิจกรรมการเรียนการสอบโดยใช้การสืบสอบที่มีการแบ่งกลุ่มตามความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ตามระดับ สูง กลาง และต่ำ จะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนที่มีความสามารถในการให้เหตุผลในระดับต่ำสูงขึ้น มากกว่าการจัดกิจกรรมสืบสอบแบบที่ไม่มีการแยกกลุ่ม

Marušić and Sliško (2012) ศึกษาผลของวิธีการสอนแบบสืบสอบที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน พบว่า วิธีการสอนแบบสืบสอบที่มีประสิทธิภาพดีในการส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ได้แก่ แบบที่มีทดลองและอภิปราย (Experiment and discussion หรือ

ED) และวิธีการที่มีประสิทธิผลรองลงมาคือวิธีการแบบมีการอ่าน การนำเสนอ และการตั้งคำถาม (Reading, Presenting and Questioning หรือ RPQ) ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1) วิธีการสืบสอบแบบที่มีการทดลองและอภิปราย

วิธีการนี้เกิดจากการผสมผสานระหว่างแนวคิดของกลุ่มผู้เชื่อในแนวคิดของเพียเจ (Piagetian) ในเรื่องของความขัดแย้งทางปัญญา (Cognitive conflict) เป็นหลักในการขับเคลื่อนพัฒนาการทางการคิด กับแนวคิดของวีกอตสกี (Vykotsky) ที่เน้นในเรื่องของการเรียนรู้ร่วมกัน (Collective learning) ซึ่งผู้วิจัยใช้ 2 กลวิธีการย่อยได้แก่ Predict-Observe-Explain ในการทดลองกระป๋องระเบิด และ Observe-Explain-Predict-Test ในเรื่องบอลลูนเติมน้ำและอากาศบนเปลวเทียน โดยองค์ความรู้ที่ใช้ในการสืบสอบได้แก่ เรื่อง แรง การเคลื่อนที่ แรงดันและความร้อน

2) วิธีการสืบสอบแบบมีการอ่าน การนำเสนอ และการตั้งคำถาม

กลวิธีการนี้ออกแบบขึ้นภายใต้กรอบแนวคิดของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน การเรียนรู้โดยการสืบสอบแบบชี้นำกระบวนการ (Process-oriented guided inquiry learning) และการเรียนรู้ของทีม (Peer-led team learning) โดยใช้บทความที่เกี่ยวกับการค้นพบของนักฟิสิกส์เป็นกรอบเนื้อหาในการถ่ายทอดกระบวนการ โดยมี 4 ขั้นตอน ได้แก่

2.1 ผู้เรียนอ่านบทความที่เป็นที่นิยมโดยผ่านการคัดเลือกโดยครู

2.2 ผู้เรียนอ่านบทความจากแหล่งทรัพยากรออนไลน์ โดยผู้เรียนเป็นผู้เลือกเอง

CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.3 ผู้เรียนนำเสนอผลการเรียนรู้โดยใช้ Power Point

2.4 ผู้เรียนตั้งคำถามเกี่ยวกับองค์ประกอบที่ไม่มีความชัดเจนทั้งของที่ตนเองทำและของเพื่อนร่วมชั้น

W.-X. Zhang, Y.-S. Hsu, C.-Y. Wang, and Y.-T. Ho (2015) ศึกษาผลการใช้การกระตุ้นการคิดและเมตาคอกนิชันที่มีต่อการปฏิบัติทางด้านทักษะการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ในสภาพแวดล้อมทางการเรียนรู้แบบออนไลน์ โดยกลุ่มผู้วิจัยให้นิยามว่าการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นทักษะย่อยหนึ่งในทักษะการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งภารกิจทางการเรียนรู้ที่สำคัญโดยจำแนกตามการกระตุ้น ได้แสดงไว้ใน ดังตารางที่ 3

นอกจากนี้ยังพบวรรณกรรมสำคัญทีเกี่ยวกับกลยุทธ์ที่ใช้ในการสังเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ ดังนี้

- ขั้นการเรียนรู้แบบนุมานเบื้องต้น (จุฬาลักษณ์ ยิ้มดี, 2556)

ขั้นการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้น เป็นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนใช้กระบวนการคิด โดยพิจารณาความสัมพันธ์ของข้อมูล และหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการสังเกตสำรวจตรวจสอบเพื่อนำมาสู่ข้อสรุป ซึ่งประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ตามลำดับดังนี้

1) การสังเกตปัญหา (Puxxling Observation) คือ การสังเกต สำรวจสถานการณ์ตัวอย่าง และบันทึกผลการสังเกต เพื่อนำไปใช้ในการตั้งคำถามและสร้างสมมติฐาน

2) การตั้งคำถามเชิงสาเหตุ (Causal Question) คือ การนำข้อมูลจากการสังเกตการณ์ตัวอย่างมาอภิปรายร่วมกันจากนั้นตั้งคำถามเชิงสาเหตุที่แสดงถึงสาเหตุและผลที่จะเกิดขึ้น ซึ่งนำไปสู่การคิด การตั้งสมมติฐาน และการลงข้อสรุป

3) การตั้งสมมติฐานที่หลากหลาย (Multiple hypothesis) คือ การอภิปรายร่วมกันโดยระดมสมองเพื่อคาดคะเนคำตอบที่น่าจะเป็นไปได้ซึ่งเป็นการสร้างสมมติฐานหรือการให้เหตุผลแบบสมมตินัย (Abductive reasoning) โดยนำเสนอในรูปแบบการเขียนแบบ “ถ้า.....และ.....แล้ว.....ดังนั้น.....” และนำไปสู่การกำหนดแนวทางในการตรวจสอบสมมติฐาน

4) การพยากรณ์ (Predictions) คือ การประเมินสมมติฐานที่หลากหลาย เพื่อคัดเลือกสมมติฐานที่เป็นไปได้ร่วมกันหรือการให้เหตุผลแบบอธิบาย (Retroductive reasoning) โดยนำเสนอในรูปแบบการเขยนแบบ “ถ้า.....และ.....แล้ว.....ดังนั้น.....” จากนั้นวางแผนกำหนดแนวทางที่ใช้ในการสำรวจตรวจสอบสมมติฐานหรือการให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deductive reasoning) โดยนำเสนิในรูปแบบการเขียนแบบ “ถ้า.....(สมมติฐาน) แบะ.....(การทดสอบวางแผน) แล้ว.....(การพยากรณ์)”

5) การรวบรวมหลักฐาน (Evidence) คือ การลงมือปฏิบัติตามแผนที่ได้กำหนดไว้ โดยใช้การศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่างๆ การสำรวจตรวจสอบหรือทำการทดลอง เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลและหลักฐานเชิงประจักษ์

6) การลงข้อสรุป (Draw a conclusion) คือ การนำข้อมูลหรือหลักฐานที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า สำรวจตรวจสอบมาวิเคราะห์ เปรียบเทียบ แปลผล สรุปผลความสัมพันธ์ของข้อมูลและให้ข้อสรุปซึ่งเป็นการให้เหตุผลแบบแปนัย (Inductive) ซึ่งนำเสนอในรูปแบบ “ถ้า.....(สมมติฐาน) และ.....(การทดสอบวางแผน) แล้ว.....(การพยากรณ์) แต่.....(ผลลัพธ์จากการสังเกต) ดังนั้น.....(ข้อสรุป)”

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

- การให้เหตุผลแบบนิรนัยเชิงสมมติฐาน (สำเร็จ นางสีคุณ, 2557)

- การสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ (Nowak, Nehring, Tiemann and Upmeier zu Belzen (2013); Lazonder, Hagmans and Jong (2010); Wilson, Taylor, Kowalski, and Carlson, 2010; Acar (2014))

การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นหัวใจหลักของการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ และหัวใจของการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์คือความเข้าใจในประจักษ์พยาน" นอกจากนี้ยังพบว่า กิจกรรมสืบสอบที่ใช้สถานการณ์จำลองเป็นฐานสามารถพัฒนาทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้

คุณลักษณะสำคัญของการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ มี 6 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ผู้เรียนเผชิญกับคำถามทางวิทยาศาสตร์ 2) ผู้เรียนให้ความสำคัญกับหลักฐานหรือประจักษ์พยานของคำถามที่ตั้งขึ้น 3) ผู้เรียนสร้างคำอธิบายจากข้อมูลและหลักฐานที่มี 4) ผู้เรียนใช้คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีสารสนเทศหรือเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ และการคิดเชิงคำนวน 5) ผู้เรียนเชื่อมโยงองค์ความรู้ที่ได้สู่องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 6) ผู้เรียนสื่อสารและประเมินองค์ความรู้อย่างมีเหตุผล (กมลวรรณ กันยาประสิทธิ์ (2558); Hodson (2014); Grigg, Kelly, Gamoran, and Borman (2013); Weber et al. (2013))

- กลยุทธ์การโต้แย้ง (Psycharis, 2013; Acar, 2014; Hoban & Nielsen,2014)

การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการใช้ข้อโต้แย้ง และการเรียนการสอนแบบสืบสอบบนฐานการโต้แย้งนอกจากจะช่วยส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แล้ว ยังช่วยแก้มโนมติที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนได้อีกด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กลยุทธ์การโต้แย้งมี 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ยกประเด็นที่อีกฝ่ายนำเสนอ มาเป็นประเด็นตั้งต้น จากนั้นใช้คำว่า "แต่" เพื่อนำไปสู่การแสดงข้อคิดเห็นที่ขัดแย้งเพื่อโต้กลับ 2) ให้ข้อมูล หรือชี้ประเด็นสำคัญที่อีกฝ่ายไม่ได้กล่าวถึง 3) ให้หลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่ได้ให้ข้อมูลไป 4) ระบุความขัดแย้งของข้อโต้แย้ง 5) ประเมินการยอมรับได้ของแต่ละข้อโต้แย้ง 6) ลงข้อสรุป เพื่อนำเสนอเหตุและผลที่ใช้ในการกล่าวอ้าง โดยนำเสนอให้เห็นถึงประเด็นที่อีกฝ่ายนำเสนอ ข้อเสนอของตนที่ไม่ขัดแย้ง และหลักฐานที่ใช้ในการตีโต้กลับ (Zhang et al., 2015; O'Hallaron, 2014; Abi-El-Mona & Abd-El-Khalick, 2011; Amgoud & Kaci, 2007; Tirri and Pehkonen, 2002; Voss and Means, 1991)

- การสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ (Wu et al., 2013; Mulder, Bollen, de Jong, and Lazonder, 2016)

การใช้แบบจำลองคอมพิวเตอร์สามารถพัฒนาการตั้งสมมติฐานและการพยาการณ์ผลที่เกิดจากตัวแปรเชิงพหุได้ หรือการใช้แบบจำลองคอมพิวเตอร์เป็น Scaffolding ทำให้ผู้เรียนมีผลการเรียนรู้ที่สูงขึ้นได้

การสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ หมายถึง วิธีการสืบเสาะหาความรู้โดยอาศัยกระบวนการสร้างแบบจำลองโดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือในการสร้าง และใช้คณิตศาสตร์ ฟิสิกส์ และวิทยาการคอมพิวเตอร์ ในการศึกษาพฤติกรรมของระบบ (Hansen, Barnett, MaKinster, and Keating (2004); Wu et al. (2013); Deutsch et al. (2016))

ขั้นที่ 4 การวิเคราะห์บทบาทของผู้สอน (analyze the educator's roles)

ขั้นตอนนี้ถูกนำเสนอโดย Hassan and Ibrahim (2010) เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่จะทำให้นักพัฒนาสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ เนื่องจากเป็นสื่อที่ต้องให้ผู้เรียน เรียนผ่านโปรแกรม ดังนั้นปฏิสัมพันธ์หลักที่จะเกิดขึ้นจึงเป็นปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียน และปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับโปรแกรม นักพัฒนาจึงต้องมีการวิเคราะห์บทบาทหน้าที่ของผู้สอนให้ดีว่าควรอยู่ในฐานะอะไรเพื่อให้ง่ายต่อการนำไปพัฒนาโครงสร้างโปรแกรมและฐานข้อมูล

ผลการใช้โมเดลการออกแบบฯ

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวพบว่า มีนักการศึกษา สรุปบทบาทของผู้สนับสนุนการเรียนรู้ไว้ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Nacu et al. (2016) ได้นำเสนอบทบาทของผู้สนับสนุนการเรียนรู้แบบออนไลน์ (Online Learning Supprt Role หรือ OLSR) จากการศึกษาพฤติกรรมของผู้สอนที่เข้าใช้บทเรียนออนไลน์ iRemix ซึ่งสามารถส่งเสริมผู้เรียนให้เรียนรู้ได้อย่างประสบผลสำเร็จ พบว่า มี 10 บทบาท เรียงตามลำดับ ได้แก่

กลุ่มบทบาทที่ผู้สอนต้องเข้าใช้งานบ่อย ๆ

1) ผู้สอน (Instructor)
2) ผู้ชี้แนะ (Encourager)
3) ผู้จัดหาทรัพยากร (Resource Provider)
4) เพื่อน (Socio-Culture Friends)

5) ผู้ติดตาม (Monitor)

<u>กลุ่มบทบาทที่มักถูกใช้งานแต่ใช้น้อยครั้ง</u>

6) ผู้ยั่วยุให้เกิดการเรียนรู้ (Learning Blocker)
7) ผู้ประเมิน (Evaluator)
8) ตัวแบบ (Model)
9) ผู้สนับสนุน (Promoter)
10) ผู้เรียน (Learner)

ขั้นที่ 5 ระบุจุดประสงค์ของการเรียนรู้ (Define learning objectives)

ในขั้นตอนนี้นักพัฒนาสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ ต้องทบทวนเอกสารที่ได้ดำเนินการไว้ในขั้นตอนที่ 1 ให้ดี ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดว่า ทักษะย่อย ๆ ที่จะช่วยส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ มีอะไรบ้าง จากนั้นจึงเริ่มเขียนจุดประสงค์การเรียนรู้ ซึ่งแต่ละฉาก (Scene) ของแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ จะถูกออกแบบให้มีความแตกต่างกันหรือเหมือนกันก็ได้ ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของการเรียนรู้ที่กำหนดไว้

<u>ผลการใช้โมเดลการออกแบบฯ</u>

จากการทบทวนเอกสารจึงทำให้ทราบทักษะย่อยที่จะช่วยเสริมสร้างการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และทักษะการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ มีดังนี้

- ผู้เรียนสามารถสร้างสมมติฐานทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง
- ผู้เรียนสามารถออกแบบและควบคุมการทดลองได้อย่างถูกต้อง
- ผู้เรียนสามารถลงความเห็นจากประจักษ์พยานได้อย่างถูกต้อง
- ผู้เรียนสามารถอภิปรายโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ได้
- ผู้เรียนสามารถใช้องค์ความรู้เกี่ยวกับความจริงได้อย่างถูกต้อง
- ผู้เรียนสามารถสร้างแบบจำลองของปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้
- ผู้เรียนสามารถทดสอบแบบจำลองของปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นได้
- ผู้เรียนประเมินแบบจำลองของปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นที่ 6 สร้างเนื้อหา (Formulate a contents)

ในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่สอดคล้องกับขั้นตอนที่ 3 (การวิเคราะห์กลยุทธ์การสอน) เนื่องจากนักพัฒนาจะได้ทำการทบทวนวรรณกรรมมาแล้วว่าเนื้อหาเรื่องราวแบบใด ที่จะช่วยเสริมสร้างการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ได้

ผลการใช้โมเดลการออกแบบฯ

กลยุทธ์ที่เหมาะสมที่จะใช้ในการพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ได้แก่ คุณลักษณะสำคัญของการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ และกลยุทธ์การโต้แย้ง ที่ผ่านการสังเคราะห์แล้ว ดังนี้

คุณลักษณะสำคัญของการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ คือ ลักษณะของกิจกรรมในแอปพลิเคชันที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนอาศัยระเบียบวิธีการสืบสอบที่หลากหลายที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการแสวงหาองค์ความรู้ มีวงจรของกระบวนการที่เริ่มจากการตั้งคำถาม การสืบสอบ และการประเมินประจักษ์พยาน หรือตอบคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ และเป็นวิธีการที่สังคมวิทยาศาสตร์สร้างและติดตามการปฏิบัติงานของวิชาชีพวิทยาศาสตร์ ซึ่งรวมไปถึง องค์ความรู้ที่เชื่อมั่นได้จากรายงานการป้องกัน การพินิจพิเคราะห์ และการยืนยันข้อกล่าวอ้างเชิงวิทยาศาสตร์ และการตระหนักรู้ถึงปฏิสัมพันธ์ที่ซับซ้อนระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม และเกี่ยวข้องกับความสามารถในการควบคุมตนเองอย่างตื่นตัวในการค้นหาองค์ความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ประกอบไปด้วย 6 ลักษณะสำคัญ ซึ่งประกอบด้วยตัวแปรสังเกตได้ 6 ตัวแปร ดังต่อไปนี้

1) ผู้เรียนเผชิญกับคำถามทางวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หมายถึง ลักษณะกิจกรรมของระบบที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เผชิญกับคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ ออกแบบและวางแผน ตั้งคำถามวิจัย วัตถุประสงค์การวิจัย สมมติฐาน ออกแบบขั้นตอนการสืบสอบและเทคนิคการเลือกข้อมูล โดยตั้งอยู่บนคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ที่ผู้เรียนกำลังเผชิญอยู่ด้วยตนเองได้ ผ่านเทคโนโลยีไฮเพอร์ลิงค์ หรือวิดีโอ

2) ผู้เรียนให้ความสำคัญกับหลักฐานหรือประจักษ์พยานของคำถามที่ตั้งขึ้น

หมายถึง ลักษณะกิจกรรมของระบบที่เกิดโอกาสให้ผู้เรียนได้พิจารณาข้อค้นพบที่ได้จากการสืบสอบโดยอ้างอิงจากประจักษ์พยาน ผ่านการแสดงผลการทดลองด้วยกราฟ และตารางแสดงข้อมูลผลการทดลอง

3) ผู้เรียนสร้างคำอธิบายจากข้อมูลและหลักฐานที่มี

หมายถึง ลักษณะกิจกรรมของระบบที่เกิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สร้างคำอธิบายโดยใช้ประจักษ์พยานที่ได้ ตีความด้วยมุมมองของทฤษฎีที่หลากหลาย พร้อมทั้งออกแบบวิธีการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นที่อาจส่งผลต่อความน่าเชื่อถือของประจักษ์พยานที่ได้

4) ผู้เรียนใช้คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีสารสนเทศหรือเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และการคิดเชิงคำนวน

หมายถึง ลักษณะกิจกรรมของระบบที่เกิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ใช้คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีสารสนเทศหรือเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ และการคิดเชิงคำนวน ซึ่งครอบคลุมปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ทุกรูปแบบ ทั้งด้วยการคำนวนด้วยมือเปล่า ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป หรือเขียนอัลกอรึทึม ในการวิเคราะห์ประจักษ์พยาน

<u>กลยุทธ์การโต้แย้ง</u> คือ ความสามารถของระบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนใช้วิธีการ ขั้นตอน หรือ แบบจำลองของการให้เหตุผลเพื่อสร้างข้อสรุปที่ซับซ้อนที่ไม่ได้มาจากการยอมรับในบทนิยาม หรือคำบรรยายและมาตรฐานหนึ่งเท่านั้น แต่เป็นการประสานระหว่างประจักษ์พยานเข้ากับทฤษฎี ซึ่งสนับสนุนหรือโต้แย้งข้อสรุป แบบจำลอง หรือการพยากรณ์นั้นๆ ตลอดจนสร้างและเปรียบเทียบข้อโต้แย้ง ซึ่งข้อโต้แย้งเป็นตัวแทนของชุดเหตุผลที่จะทำให้เชื่อในความจริงที่ปรากฏได้ ซึ่งประกอบด้วยตัวแปรที่สังเกตได้ 6 ตัวแปร ดังนี้

1) ยกประเด็นที่อีกฝ่ายนำเสนอ มาเป็นประเด็นตั้งต้น หมายถึง ความสามารถของระบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ ยกประเด็นที่อีกฝ่ายนำเสนอ มาเป็นประเด็นตั้งต้นจากนั้นใช้คำว่า “แต่” เพื่อนำไปสู่การแสดงข้อคิดเห็นที่ขัดแย้งเพื่อโต้กลับ

2) ให้ข้อมูล หรือชี้ประเด็นสำคัญที่อีกฝ่ายไม่ได้กล่าวถึง หมายถึง ความสามารถของระบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ให้ข้อมูล หรือชี้ประเด็นสำคัญที่อีกฝ่ายไม่ได้กล่าวถึงในขณะสร้างข้อโต้แย้ง

3) ให้หลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่ได้ให้ข้อมูลไป หมายถึง ความสามารถของระบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ให้หลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่ได้ให้ข้อมูลไปกับฝ่ายตรงข้ามในระหว่างสร้างข้อโต้แย้ง

4) ระบุความขัดแย้งของข้อโต้แย้ง หมายถึง ความสามารถของระบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ระบุความขัดแย้งของข้อโต้แย้งที่กำลังเป็นประเด็นในระหว่างการสร้างข้อโต้แย้ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5) ประเมินการยอมรับได้ของแต่ละข้อโต้แย้ง หมายถึง ความสามารถของระบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ประเมินการยอมรับได้ของแต่ละข้อโต้แย้งในระหว่างสร้างข้อโต้แย้ง

6) ลงข้อสรุปเพื่อนำเสนอเหตุและผลที่ใช้ในการกล่าวอ้าง หมายถึง ความสามารถของระบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงข้อสรุปเพื่อนำเสนอเหตุและผลที่ใช้ในการกล่าวอ้าง โดยนำเสนอให้เห็นถึงประเด็นที่อีกฝ่ายนำเสนอ ข้อเสนอของตนที่ไม่ขัดแย้งและหลักฐานที่ใช้ในการตีโต้กลับ

4.5 ผู้เรียนเชื่อมโยงองค์ความรู้ที่ได้สู่องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

หมายถึง ลักษณะกิจกรรมของระบบที่เกิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เชื่อมโยงองค์ความรู้ที่ได้สู่องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์และตีความข้อมูล เขียนข้อสรุปและให้เหตุผลซึ่งผ่านการตรวจสอบอย่างถี่ถ้วน

4.6 ผู้เรียนสื่อสารและประเมินองค์ความรู้อย่างมีเหตุผล

หมายถึง ลักษณะกิจกรรมของระบบที่เกิดโอกาสให้ผู้เรียนมีโอกาสได้สื่อสารและประเมินองค์ความรู้อย่างมีเหตุผล ตีความข้อสรุป นำแสดงต่อชุมชนเพื่อการสื่อสาร ยอมรับข้อค้นพบ และเพื่อการไตร่ตรองอย่างละเอียดจากผู้อื่น

ดังนั้นเนื้อหาที่ใช้ในสถานการณ์จำลองเสมือนจริง จึงประกอบด้วย 4 โมดูล ได้แก่

1. โมดูลนักพยากร เป็นโมดูลที่มีสถานการณ์หลักเกี่ยวกับปัญหาน้ำเสียในชุมมชน มีปลาตายซึ่งหมู่บ้านตั้งอยู่ห่างจากโรงงานอุตสาหกรรม 3 ประเภท ได้แก่ อุตสาหกรรมผลิตสี อุตสาหกรรมผลิตเอทานอล และโรงไฟฟ้า ซึ่งผู้เรียนจะต้องสร้างการพยากรณ์ว่า โรงงานใดเป็นต้นเหตุของน้ำเสียครั้งนี้ โดยผู้เรียนจะได้รับข้อมูลเกี่ยวกับขั้นตอนการผลิต และสารตกค้างที่เป็นไปได้ของโรงงานแต่ละประเภท

2. โมดูลนักสืบ เป็นโมดูลที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ออกแบบการทดลองเพื่อพิสูจน์สมมติฐานที่ได้ออกแบบไว้ในโมดูลที่ 1 โดยผู้เรียนจะได้รับตัวช่วยเสริมศักยภาพ ได้แก่ ผังมโนมติ และคู่มือเทคนิคปฏิบัติการต่างๆ

3. โมดูลนักประเมิน เป็นโมดูลที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนลงความเห็นจากประจักษ์พยานของตนเอง และโต้แย้งกับผู้อื่น

4. โมดูลผู้รู้แจ้ง เป็นโมดูลที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ให้เหตุผลโต้แย้งและปกป้องเหตุผลของการกระทำของตนเองในทุกขั้นตอน

ขั้นที่ 7 ออกแบบสตอรี่บอร์ดและไวร์เฟรม (Design a storyboard and wireframe)

ในขั้นตอนพัฒนา สตอรี่บอร์ดและไวร์เฟรม ในขั้นตอนที่สำคัญอีกขั้นตอนหนึ่งที่จะช่วยให้นักพัฒนาประหยัดเวลาในการพัฒนาโปรแกรมและสร้างสถาปัตยกรรมของระบบ เนื่องจากโปรแกรมมีความซับซ้อนมากทั้งในเรื่องของสื่อ 3 มิติ ที่ใช้ สคลิปของโปรแกรม และระบบฐานข้อมูล การออกแบบ ไวร์เฟรม ที่ดีจะช่วยให้ทีมนักพัฒนาเข้าใจขอบเขตของงานมากยิ่งขึ้น และสามารถพัฒนางานได้รวดเร็วและแม่นยำ การออกแบบ ไวร์เฟรม ควรมารายละเอียดดังนี้

1) แผนผังการไหลของการเรียนรู้

2) สตอรี่บอร์ด

นอกจากนี้นักพัฒนาควรศึกษาหลักการออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้ (User interface) เพิ่มเติมเพื่อเพิ่มสามารถในการดึงความสนใจของผู้เรียนได้อย่างต่อเนื่อง เช่น ELUI ของ (Farhan, Razmak, Demers, & Laflamme, 2019)

ระหว่างการออกแบบสตอรี่บอร์ดและไวร์เฟรม นักพัฒนาจำเป็นต้องคำนึงถึงสิ่งเหล่านี้เป็นพิเศษ โดยตั้งคำถามตลอดการออกแบบ ดังนี้

1) องค์ความรู้ที่ผู้เรียนต้องได้หลังจากเรียนคืออะไร

2) ประสบการณ์ที่ผู้เรียนจะได้รับระหว่างเรียนรู้คืออะไร (กลยุทธ์การสอนที่อยู่ในสถานการณ์)

3) สิ่งที่กำลังเรียนเป็นองค์ความรู้ที่เรียนรู้ได้โดยการถ่ายโอน หรือต้องเป็นการริเริ่มเรียนรู้ใหม่

CHULALONGKORN UNIVERSITY

4) จะจูงใจผู้เรียนได้อย่างไร

5) จะสนับสนุนการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างไร

6) ทำอย่างไรจะทำให้เกิดความสมจริงขององค์ประกอบในสถานการณ์จำลอง

7) ผู้เรียนจะควบคุมสถานการณ์จำลองได้อย่างไร

8) การส่งสารสนเทศภายในโปรแกรมต้องทำอย่างไร

9) Input และ Output ของสถานการณ์จำลอง ได้แก่ อะไรบ้าง

10) ชนิดของจอภาพที่ใช้แสดงผลเป็นอะไร

11) ชนิดของภาพที่ใช้แสดงผลในแต่ละส่วนเป็น 2 มิติ หรือ 3 มิติ

12) การจัดวางสวยงามและดึงดูดผู้เรียนหรือไม่

13) ผู้เรียนสื่อสารระหว่างการโต้แย้งได้อย่างไรบ้าง

14) ข้อความที่ใช้ ชัดเจน และมีความเป็นปรนัย หรือไม่

15) ภาพที่ใช้ ชัดเจน และสื่อความหมายได้ดีเพียงใด

16) เมนู เหมาะกับพฤติกรรมของผู้ใช้หรือไม่ (ขึ้นกับ UX ในแต่ละช่วงเวลา)

17) ปุ่มต่างๆ เหมาะแก่การใช้งานหรือไม่

18) เสียงประกอบได้แก่อะไรบ้าง หรือ เครื่องของผู้เรียนรองรับการเปิดเสียงหรือไม่

19) วิดีทัศน์ที่ใช้ได้แก่อะไรบ้าง

20) แอนิเมชันที่ใช้ได้แก่อะไรบ้าง

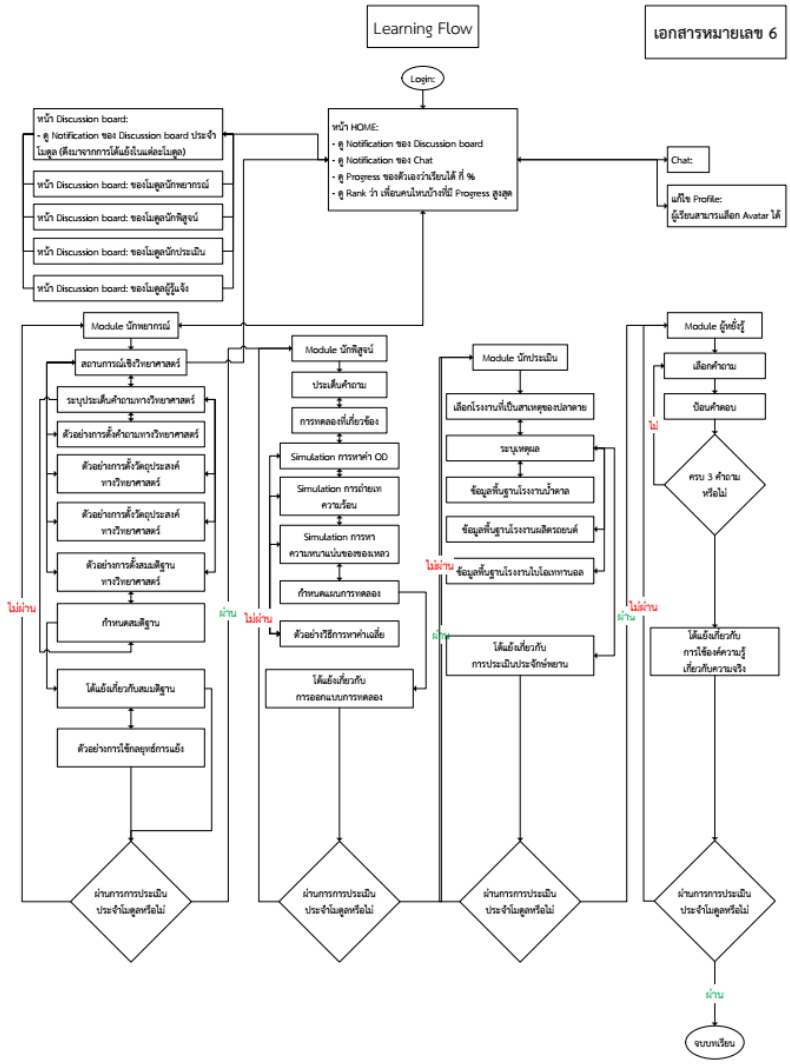
21) จะสร้างปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียน ผู้เรียนกับสถานการณ์จำลอง ได้อย่างไรบ้าง

22) จะให้ผลย้อนกลับแก่ผู้เรียนอย่างไรบ้าง

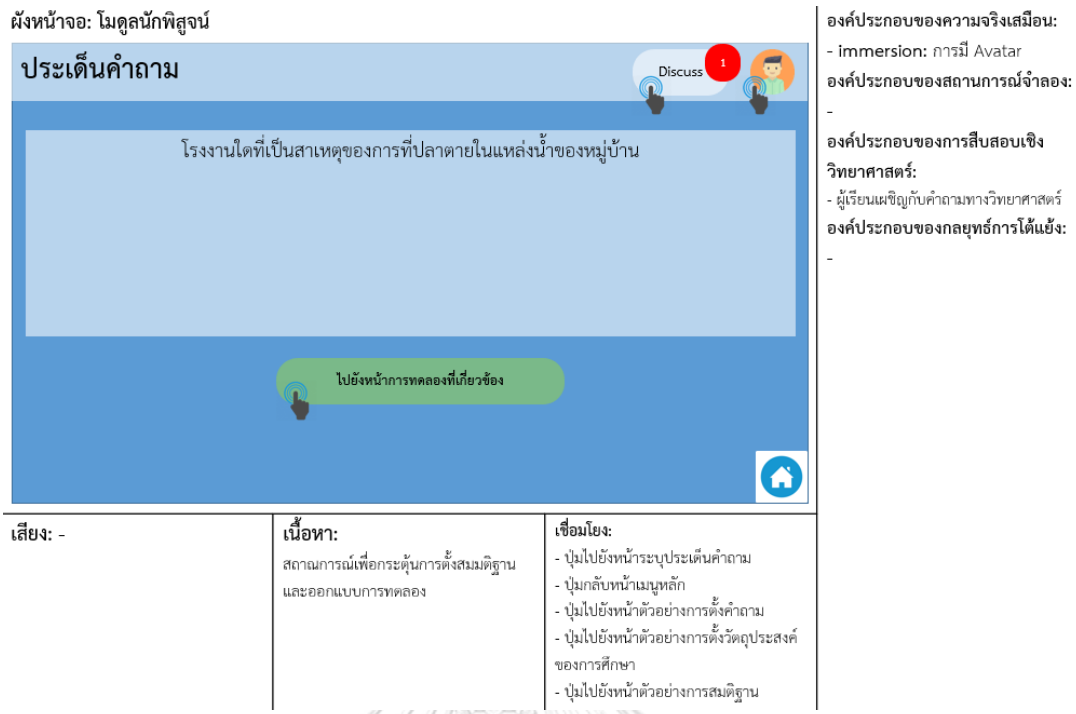
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลการใช้โมเดลการออกแบบฯ

ตัวอย่างผังการไหลของการเรียนรู้



ภาพที่ 17 ตัวอย่างสตอรี่บอร์ดเพื่อพัฒนาโปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ



ภาพที่ 18 ไวร์เฟรมของสิ่งที่ต้องการสืบสอบ

ขั้นตอนที่ 8 สร้างแบบทดสอบอิงเกณฑ์ (Construct a criterion-based test)

ในขั้นในขั้นตอนนี้เกี่ยวข้องสัมพันธ์กับขั้นตอนที่ 5 (ระบุจุดประสงค์การเรียนรู้) ซึ่งเป็นผลมาจากการกำหนดจุดประสงค์ของการเรียนรู้ไว้แล้ว ซึ่งแนวทางที่ใช้ในการดำเนินการเพื่อให้ได้มาซึ่งแบบทดสอบอิงเกณฑ์ มี 2 วิธี ได้แก่

1) การใช้แบบทดสอบวัดความสามารถ ที่มีผู้อื่นพัฒนาและหาประสิทธิภาพไว้แล้ว

1.1) แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เช่น The Lawson classroom test of scientific reasoning (LCTSR) ซึ่งเป็นแบบทดสอบที่เป็นที่ยอมรับกันอย่างกว้างขวางในแวดวงนักวิทยาศาสตร์ศึกษาทั่วโลก แต่ปัจจุบัน ยังไม่มีฉบับภาษาไทยที่มีการทดสอบหาประสิทธิภาพซ้ำ

1.2) แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ ยังไม่มีแบบวัดมาตรฐานที่แพร่หลาย นักพัฒนาโปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ จึงจำเป็นต้องสร้างขึ้นมาใหม่

2) นักพัฒนาโปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ พัฒนาแบบทดสอบขึ้นมาใหม่ โดยมีขั้นตอน ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.1) การพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ มีขั้นตอน ดังนี้

2.2.1) ศึกษานิยามของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

2.2.2) ร่างข้อสอบ โดยโครงสร้างของข้อสอบเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก 2 ชั้น ขึ้นมาอย่างน้อย 20 ข้อ ให้ครอบคลุมทุกความสามารถย่อยของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

2.2.3) นำร่างแบบทดสอบทั้ง 20 ข้อ ไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา อย่างน้อย 4 ท่าน และผู้ทรงคุณวุฒิด้านการวัดผล อย่างน้อย 1 ท่าน ตรวจสอบความตรง (Validity)

2.2.4) นำผลการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิมาตรวจสอบความเที่ยงโดยใช้สูตร IOC โดยศึกษาเพิ่มเติมได้จาก บทความเรื่อง “ความหมายที่แท้จริงของ IOC” (พิศิษฐ ตัณฑวณิช และ พนา จินดาศร, 2561) จากนั้นคัดเลือกไว้เฉพาะข้อดัชนีความสอดคล้องไม่ต่ำกว่า 0.5 มาใช้

2.2.5) นำข้อคำถามที่ได้จากข้อ 2.4) ไปให้กลุ่มทดลองจำนวนไม่น้อยกว่า 30 คน ลองทำแบบทดสอบ จากนั้นนำมาวิเคราะห์ค่าความยาก และอำนาจจำแนก ตามแนวทางของ Whiney and Sabers (1970 อ้างถึงใน ล้วน สายยศ, 2540)

2.2.6) เลือกข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำจำแนก มากกว่า 0.2 - 0.8 และ อำนาจจำแนกมากกว่า 0.2 มาจัดเป็นชุดแบบทดสอบ จำนวน 12 ข้อ ที่ทำให้ค่าสัมประสิทธิแอลฟาของครอนบาร์คมากกว่า 0.7

2.2.7) เมื่อได้แบบทดสอบจำนวน 12 ข้อ และให้จัดพิมพ์ หรือจัดเก็บลงในระบบทดสอบออนไลน์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.2) การพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ มีขั้นตอนดังนี้

2.2.1) วิเคราะห์นิยาม และความสามารถย่อย ของการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์

2.2.2) พัฒนาโปรแกรมแบบทดสอบ ซึ่งอาจอยู่ในรูปแอนิเมชัน 2 มิติ หรือ 3 มิติ ก็ได้ จากนั้นพัฒนาโปรแกรมแบบทดสอบต้นแบบ อย่างน้อย 9 ข้อ

2.2.3) นำโปแกรมแบบทดสอบต้นแบบไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา อย่างน้อย 3 ท่าน และผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษาอย่างน้อย 2 ท่าน ตรวจสอบความตรง (Validity)

2.2.4) ผลการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิมาตรวจสอบความเที่ยงโดยใช้สูตร IOC โดยศึกษาเพิ่มเติมได้จาก บทความเรื่อง “ความหมายที่แท้จริงของ IOC” (พิศิษฐ ตัณฑวณิช และ พนา จินดาศร, 2561) จากนั้นคัดเลือกไว้เฉพาะข้อดัชนีความสอดคล้องไม่ต่ำกว่า 0.5 มาใช้

2.2.5) นำข้อคำถามที่ได้จากข้อ 2.4) ไปให้กลุ่มทดลองจำนวนไม่น้อยกว่า 30 คน ลองทำแบบทดสอบ จากนั้นนำมาวิเคราะห์ค่าความยาก และอำนาจจำแนก ตามแนวทางของ Whiney and Sabers (1970 อ้างถึงใน ล้วน สายยศ, 2540)

2.2.6) เลือกข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำจำแนก มากกว่า 0.2 - 0.8 และ อำนาจจำแนกมากกว่า 0.2 มาจัดเป็นชุดแบบทดสอบ จำนวน 6 ข้อ ที่ทำให้ค่าสัมประสิทธิแอลฟาของครอนบาร์คมากกว่า 0.7

2.2.7) เมื่อได้แบบทดสอบจำนวน 6 ข้อ และให้ทำการ Export ให้โปรแกรมสามารถทำงานได้ทั้งบนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล และ อุปกรณ์เคลื่อนที่

<u>เทคนิคพิเศษ</u>

นักพัฒนาควรออกมาเกินไว้ก่อน เมื่อทดลองใช้แล้วค่อยเลือกข้อที่มีคุณสมบัติผ่าน จะทำให้ได้ชุดแบบทดสอบที่มีค่าความเที่ยงสูง และรวดเร็ว

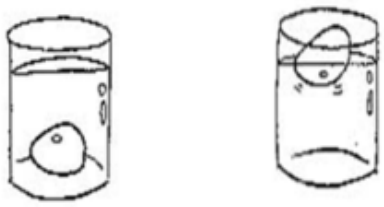
<u>ผลการใช้โมเดลการออกแบบฯ</u>

ตัวอย่างข้อสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่นำเสนอต่อผู้เรียนผ่าน Google Form

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อที่ 2

จงพิจารณาภาพ



2.1วัตถุทรงกลม 2 ก้อน มีลักษณะเหมือนกันทุกประการ นำไปลอยในของเหลว ได้ผลดังภาพ นักเรียนคิดว่าสิ่งที่เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้วัตถุทั้งสองลอยอยู่ในของเหลวได้ต่างกันคือข้อใด * 1 point

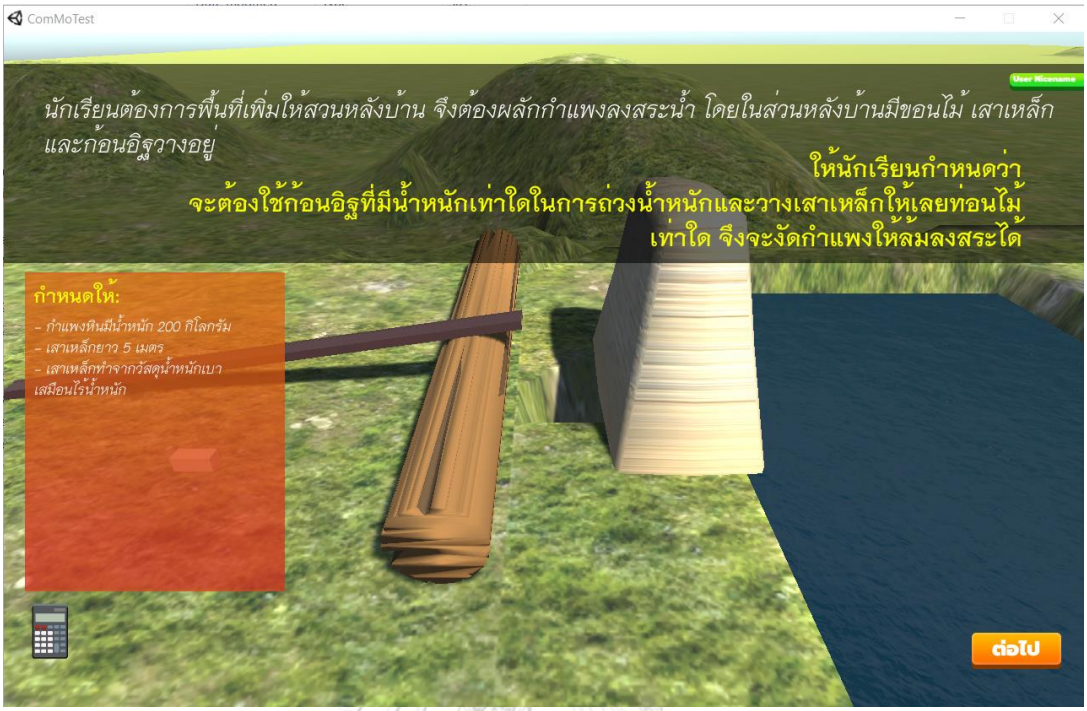
- ก. ความหนาแน่นของวัตถุ
- ข. ความหนาแน่นของของเหลว
- ค. ปริมาตรของของเหลว
- ง. แรงโน้มถ่วงของโลก

2.2เพราะเหตุใดจึงตอบเช่นนั้น * 1 point

- ก. ผลรวมของมวลในบีกเกอร์ทั้ง 2 แตกต่างกันจึงทำให้ดอบสนองต่อแรงโน้มถ่วงของโลกได้แตกต่างกัน
- ข. ความหนาแน่นของของเหลวจะทำให้วัตถุที่มีความหนาแน่นเท่ากันลอยหรือจมต่างกัน
- ค. วัตถุชนิดเดียวกัน มวลเท่ากัน รูปทรงเดียวกัน มีความหนาแน่นได้หลายค่า
- ง. ปริมาตรของของเหลวที่ถูกแทนที่ด้วยวัตถุทรงกลมจะไม่เท่ากัน

ภาพที่ 19 ตัวอย่างข้อสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ตัวอย่างโปรแกรมวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์



ภาพที่ 20 ตัวอย่างโปรแกรมวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์

ขั้นตอนที่ 9 พัฒนาระบบกลยุทธ์ในการส่งถ่ายข้อมูล (Develop data transfer strategies)

ในการพัฒนาโปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงมีความจำเป็นอย่างมากที่นักพัฒนาจะต้องวิเคราะห์ระบบการจัดเก็บข้อมูลให้ดีเนื่องจากในขั้นตอนของการใช้งาน ผู้เรียนในโรงเรียนส่วนใหญ่นั้นไม่มีคอมพิวเตอร์ที่มีศักยภาพสูงมากนัก ดังนั้นการจัดเก็บข้อมูลจึงไม่ควรเก็บที่หน่วยความจำหลักของเครื่องควรส่งข้อมูลของผู้เรียนไปยัง Server ผ่าน API เพื่อช่วยลดภาระการทำงานของหน่วยความจำหลักของผู้เรียนได้ และยังเป็นการช่วยให้ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้กันแบบเวลาจริงอีกด้วย ซึ่งควรมีการออกแบบการจัดเก็บข้อมูลดังนี้

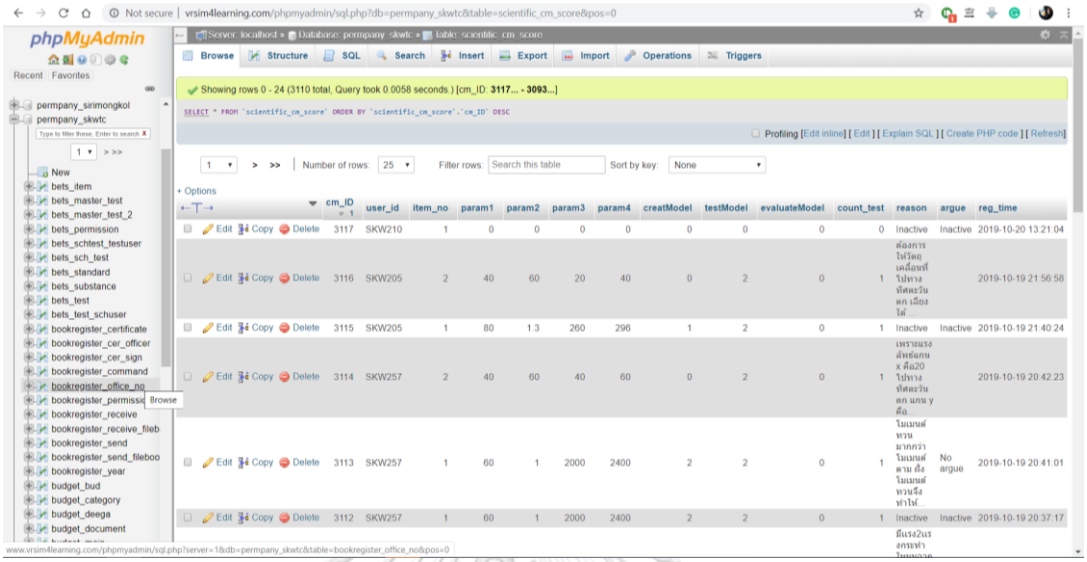
1) ข้อมูลทีเปลี่ยนแปลงบ่อยในฉาก เช่น คะแนนดิบ ควรใช้สร้างวัตถุขึ้นมาเพื่อเก็บข้อมูลส่วนนี้

2) ข้อมูลที่ต้องการบันทึกระยะยาว เช่น ปฏิสัมพันธ์ การตอบคำถาม แชต การโต้แย้ง ควรเก็บในฐานข้อมูลบน server ซึ่งฐานข้อมูลที่ควรใช้ คือ MySQL ซึ่งเสียค่าใช้จ่ายในการจัดบริหารจัดการไม่สูงนัก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลการใช้โมเดลการออกแบบฯ

ตัวอย่างโครงสร้างตารางเก็บข้อมูลผลการทำแบบทดสอบการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์



ภาพที่ 21 ตารางเก็บข้อมูลผลการทำแบบทดสอบการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ โดยใช้ฐานข้อมูล mysql

ขั้นตอนที่ 10 พัฒนากลยุทธ์การจัดการของผู้ดูแลระบบ (Develop system administration strategies)

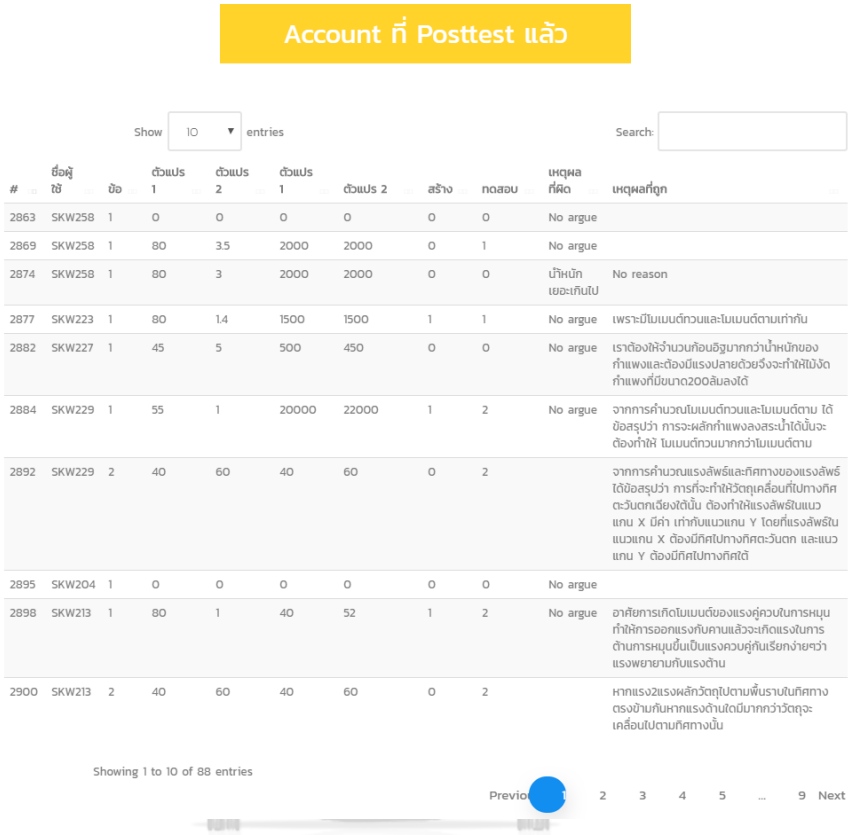
การทำงานในขั้นตอนนี้เกี่ยวเนื่องกับผลการทำงานที่ได้จากขั้นตอนที่ 4 (วิเคราะห์บทบาทของผู้สอน) และเนื่องจากสถานการณ์จำลองเสมือนจริงเป็นโปรแกรมที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนเรียนรู้จากการมีปฏิสัมพันธ์กันในโลกเสมือนจริง ดังนั้นบทบาทสำคัญของผู้ดูและระบบ ซึ่งได้แก่

1) ผู้จัดหาทรัพยากร (Resource Provider) ซึ่งคอยมีหน้าที่ในการจัดหาเครื่องคอมพิวเตอร์และลงโปรแกรมให้อยู่ในสภาพพร้อมสำหรับการเรียนรู้

2) ผู้ติดตาม (Monitor) โดยมีหน้าที่ในการติดตามการมีส่วนร่วมของผู้เรียนอย่างใกล้ชิด เนื่องจากการเรียนรู้ในโลกเสมือนนั้นต้องอาศัยความทักษะในการนำตนเอง (self-directed skill) สูง ดังนั้นผู้ดูและระบบควรติดตามการมีส่วนร่วมอย่างใกล้ชิดเพื่อให้แน่ใจว่าผู้เรียนยังคงมีส่วนร่วมและมีพัฒนาการอย่างต่อเนื่อง โดยหน้าจอโปรแกรมของผู้ดูและระบบควรมีหน้าปัด (dash board) แสดงสถิติการเข้าเรียน และความก้าวหน้าในการเรียนเป็นรายบุคคล

ผลการใช้โมเดลการออกแบบฯ

ตัวอย่างหน้า Web application ระบบติดตามการเรียนรู้ของผู้เรียน ที่พัฒนาด้วย ภาษา HTML, CSS, PHP และ Java Script



ภาพที่ 22 หน้า Web application ระบบติดตามการเรียนรู้ของผู้เรียน ที่พัฒนาด้วยภาษา HTML, CSS, PHP และ Java Script

ขั้นตอนที่ 11 สร้างโปรแกรมต้นแบบ (Construct a prototype)

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นของการทำงานที่นักพัฒนาจะต้องใช้ข้อมูลที่มีอยู่ทั้ง 10 ขั้นตอนที่ผ่านมาประกอบการทำงาน และดำเนินการพัฒนาโปรแกรมให้เป็นไปตามขั้นตอนที่ 7 (พัฒนาสตอรี่บอร์ดและไวร์เฟรม) ซึ่งก่อนลงมือสร้างโปรแกรมต้นแบบนักพัฒนาควรศึกษาโปรแกรมช่วยพัฒนาที่มีให้ใช้ในท้องตลาดก่อน เนื่องจากโปรแกรมแต่ละค่ายจะใช้ภาษาที่ใช้พัฒนาแตกต่างกันออกไป และบางโปรแกรมมีค่าใช้จ่ายในการใช้งาน ซึ่งโปรแกรมที่ผู้วิจัยแนะนำ มีดังนี้

โปรแกรมสร้างสถาพแวดล้อม

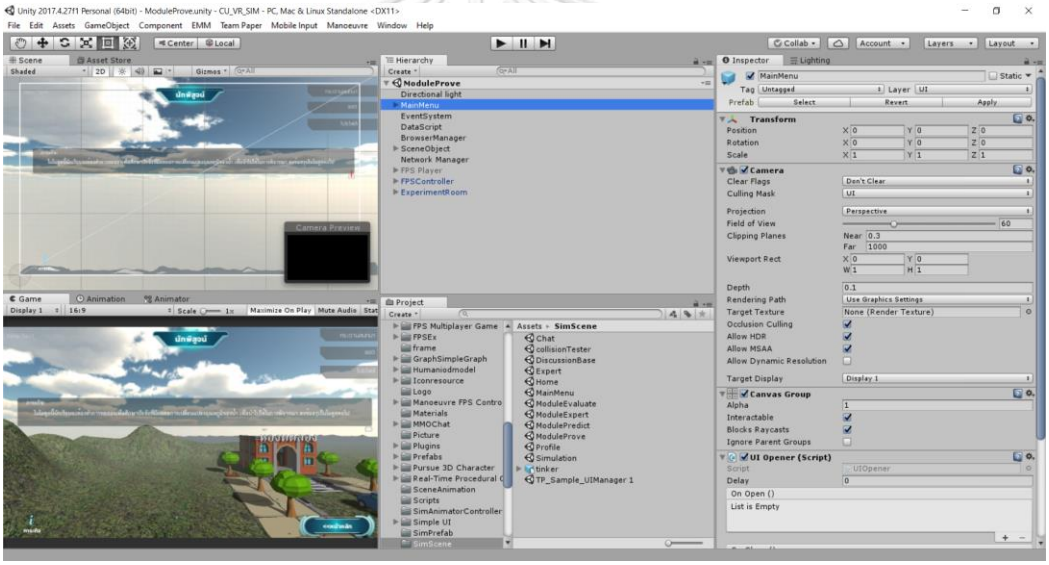
ผู้วิจัยแนะนำ Unity3D และ Unreal Engine เนื่องจากมีเวอร์ชั่นที่ไม่เสียค่าใช้จ่ายให้นักพัฒนาได้ลองใช้งาน และถ้าสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ ยังไม่สามารถสร้างรายได้ก็จะถูกยกเว้นค่าเช่าโปรแกรมอีกด้วย

โปรแกรมแก้ไขสคลิปคำสั่ง

ผู้วิจัยแนะนำ Visual Sudio Community ใช้ในการแก้ไขสคลิปคำสั่งภาษา C# และ Visual Studio Code ใช้ในการใช้แก้ไขสคริภาษา HTML, CSS, JAVA SCRIPT และ PHP

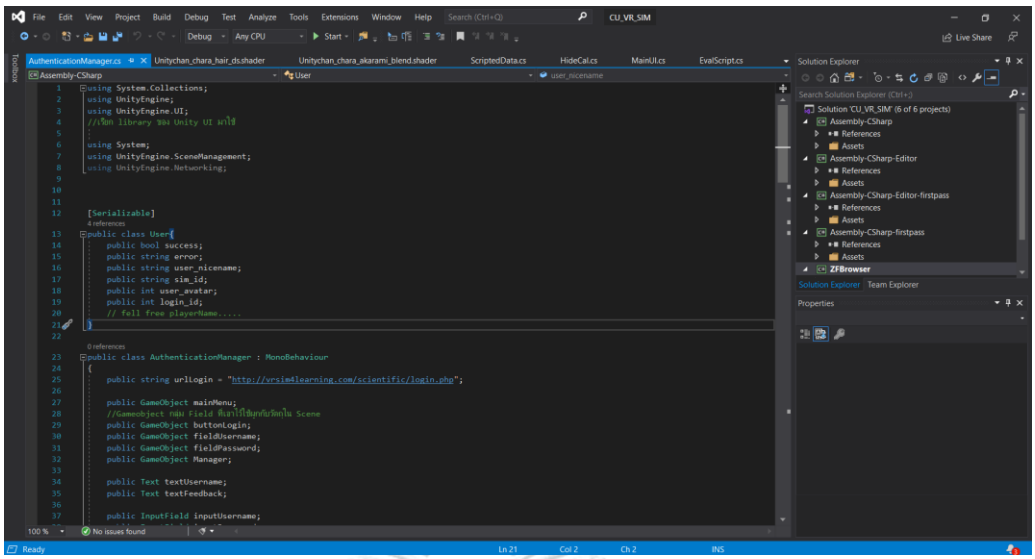
ผลการใช้โมเดลการออกแบบฯ

ตัวอย่างการใช้โปรแกรม Unity3D ในการพัฒนาโปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริง



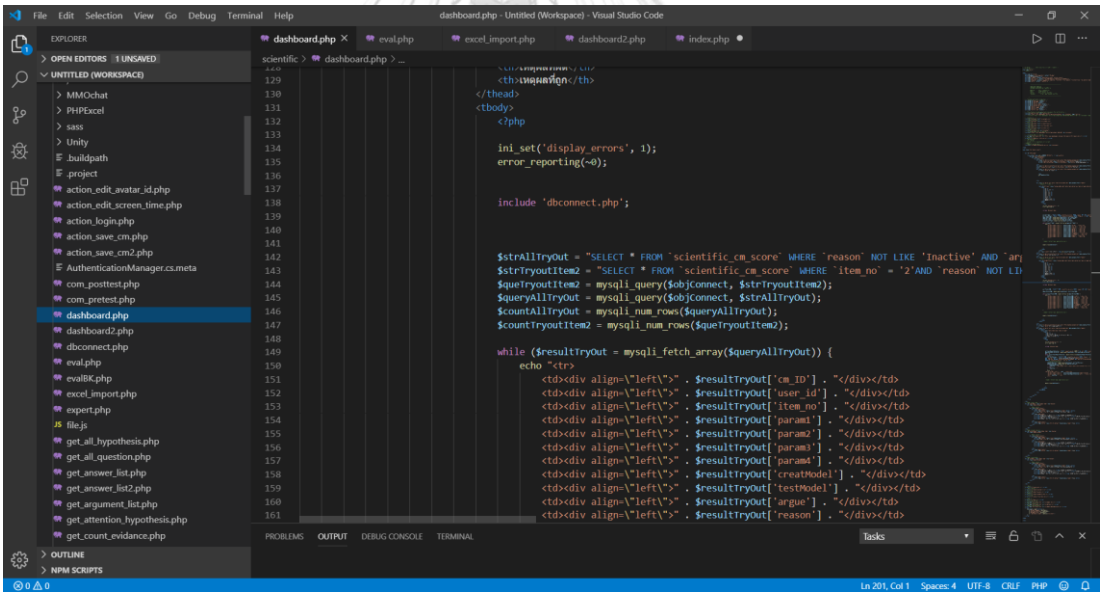
ภาพที่ 23 ตัวอย่างการใช้โปรแกรม Unity3D ในการพัฒนาโปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริง

ตัวอย่างการพัฒนา Script ของโปรแกรมด้วยภาษา C#



ภาพที่ 24 ตัวอย่างการพัฒนา Script ของโปรแกรมด้วยภาษา C#

ตัวอย่างการเขียน Web Application เพื่อรับติดตามการเรียนรู้ของผู้เรียนด้วยภาษา HTML, CSS, Java Script และ PHP



ภาพที่ 25 ตัวอย่างการเขียน Web Application เพื่อรับติดตามการเรียนรู้ของผู้เรียนด้วยภาษา HTML, CSS, Java Script และ PHP

ขั้นตอนที่ 12 ปรับปรุงโปรแกรมต้นแบบ (Revise the prototype)

ขั้นตอนนี้เป็นเหมือนจุดตรวจสอบสภาพรถระหว่างการเดินทางว่ารายละเอียดของการพัฒนาเป็นไปตามไวร์เฟรมที่กำหนดหรือไม่

ตัวอย่างการใช้โมเดลการออกแบบฯ

ในโปรแกรม Unity3D จะมี Game mode ให้นักพัฒนาใช้ตรวจสอบการทำงานของโปรแกรมสถานการณ์จำลองฯ เบื้องต้นได้ ดังภาพที่ 26

ภาพที่ 26 Game mode ของโปรแกรม Unity3D

ขั้นตอนที่ 13 ทดลองใช้โปรแกรมต้นแบบ (Tryout the prototype)

ในขั้นตอนนี้นักพัฒนาต้องใช้กลุ่มตัวอย่าง อย่างน้อย 30 คน เพื่อให้เข้ามาทดลองใช้งานโปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1) ทดสอบกลุ่มตัวอย่างด้วยแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ใช้เวลาประมาณ 45 นาที

2) ทดสอบกลุ่มตัวอย่างด้วยโปรแกรมแบบทดสอบความสามารถในการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ ใช้เวลาประมาณ 20 นาที

3) ให้กลุ่มตัวอย่างเข้ามาทดลองใช้งานโปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงอย่างน้อย 8 ชั่วโมง

4) ให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ใช้เวลาประมาณ 45 นาที

5) ทดสอบกลุ่มตัวอย่างด้วยโปรแกรมแบบทดสอบความสามารถในการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ ใช้เวลาประมาณ 20 นาที

ผลการใช้โมเดลการออกแบบฯ

1) ยังเจอข้อผิดพลาดของโปรแกรม

2) ส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ยังทำให้ผู้เรียนสับสนอยู่บ้าง

3) คะแนนเฉลี่ยหลังเรียน สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน

4) ผู้เรียนให้ความสนใจในการเข้าใช้งาน

5) ผู้เรียนอยากให้มีโปรแกรมที่เล่นผ่านมือถือได้ เพื่อสะดวกต่อการใช้งาน

ขั้นตอนที่ 14 ปรับปรุงโปรแกรมต้นแบบครั้งที่ 2 (2nd Revise the prototype)

การดำเนินการในขั้นตอนนี้ นักพัฒนาต้องใช้ข้อสังเกตุที่ได้จากการใช้งานให้มากที่สุดในการพัฒนาปรับปรุงแก้ไขข้อผิดพลาด

ขั้นตอนที่ 15 ใช้งานโปรแกรมสถานการณ์จำลองฯ จริง (Implement the virtual reality simulation)

ขั้นตอนนี้นักพัฒนาจำเป็นต้องดำเนินการเกี่ยวกับการติดตั้งโปรแกรมให้เรียบร้อย และคอยอำนวยความสะดวกให้กับผู้เรียนระหว่างเรียนโดยใช้แกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริง

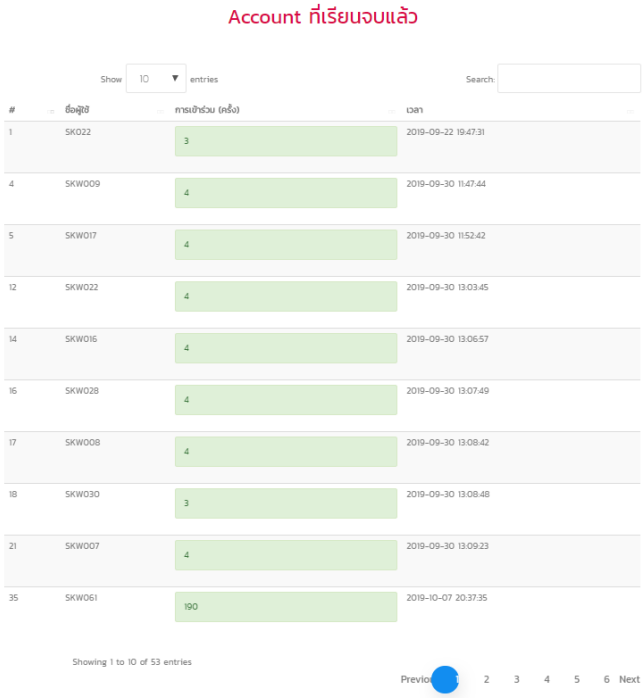
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนที่ 16 ติดตามการใช้งาน (Monitor the implementation and feedback)

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่หลังจากให้ผู้เรียนได้เข้าเรียนในโปรแกรมแล้ว นักพัฒนาจะต้องคอยติดตามพัฒนาการทางการเรียนรู้อย่างใกล้ชิดจาก Dashboard ที่สร้างขึ้น

ผลการใช้โมเดลการออกแบบฯ

หน้าจอ Web application ที่ใช้ติดตามการเรียนรู้ของผู้เรียน



ภาพที่ 27 หน้าจอ Web application ที่ใช้ติดตามการเรียนรู้ของผู้เรียน

ขั้นตอนที่ 17 ประเมินผลการเรียนรู้ (Evaluate learning outcome)

หลังจากที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ เรียบร้อย เพื่อให้ทราบว่าการเรียนรู้มีประสิทธิภาพหรือไม่ ผู้เรียนจึงต้องถูกทดสอบด้วยแบบทดสอบ วัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ และความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลตัดสินใจของนักพัฒนาที่จะปรับปรุงโปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือยจริงในครั้งต่อไป ทั้งในด้านเนื้อหา ด้านเทคนิคการนำเสนอ หรือส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (User Interface)

ขั้นตอนที่ 18 ปรับปรุงโปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ (Revise the virtual reality simulation)

เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการออกแบบโปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงให้มีความพร้อมก่อนนำไปใช้งานที่สามารถหวังผลทางการเรียนรู้ได้จริง แต่บางครั้งขั้นตอนนี้อาจไม่ใช่ขั้นตอนสุดท้าย เพราะอาจกลายเป็นขั้นตอนแรกของกระบวนการออกแบบ เนื่องจากไม่มีนักพัฒนาคนใดที่จะพัฒนา

โปรแกรมได้เหมาะสมกับผู้ใช้ได้อย่างสมบูรณ์แบบ ดังนั้นนักพัฒนาควรใส่ใจให้มากในด้านการเก็บข้อมูลเพื่อนำมาใช้ในการพัฒนาโปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นเป็นที่ยอมรับได้ในวงกว้างมากขึ้น

ตอนที่ 2 การนำเสนอรูปแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

รูปแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง ประกอบด้วยรายละเอียด 2 ส่วน ได้แก่ องค์ประกอบของสถานณ์จำลองเสมือนจริงฯ และกลยุทธ์การสอนในสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ

องค์ประกอบของสถานณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ดังนี้

1. ความจริงเสมือน (Virtual reality)
2. สถานการณ์จำลอง (Simulation)
3. คุณลักษณะของการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ (Essential features of scientific inquiry)
4. กลยุทธ์การโต้แย้ง (Argument strategy)

ขั้นตอนการเรียนรู้ในสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ

ประกอบด้วย 4 โมดูล ดังนี้

โมดูลที่ 1 โมดูลนักพยากรณ์

ขั้นที่ 1 เผชิญคำถามที่ท้าทาย
ขั้นที่ 2 ตั้งคำถามเชิงวิทยาศาสตร์
ขั้นที่ 3 ตั้งสมมติฐาน
ขั้นที่ 4 โต้แย้งเกี่ยวกับสมมติฐานโดยใช้กลยุทธ์การโต้แย้ง

โมดูลที่ 2 โมดูลนักพิสูจน์

ขั้นที่ 1 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
ขั้นที่ 2 กำหนดตัวแปรควบคุม
ขั้นที่ 3 กำหนดปริมาณตัวแปรอิสระ
ขั้นที่ 4 สังเกตุการเปลี่ยนแปลงของระบบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นที่ 5 สังเกตความสัมพันธ์ของตัวแปรเชิงพหุ

โมดูลที่ 3 โมดูลนักประเมิน

ขั้นที่ 1 ลงข้อสรุป

ขั้นที่ 2 ระบุหลักฐานของข้อสรุป

ขั้นที่ 3 โต้แย้งข้อสรุปโดยใช้กลยุทธ์การโต้แย้ง

โมดูลที่ 4 โมดูลผู้รู้แจ้ง

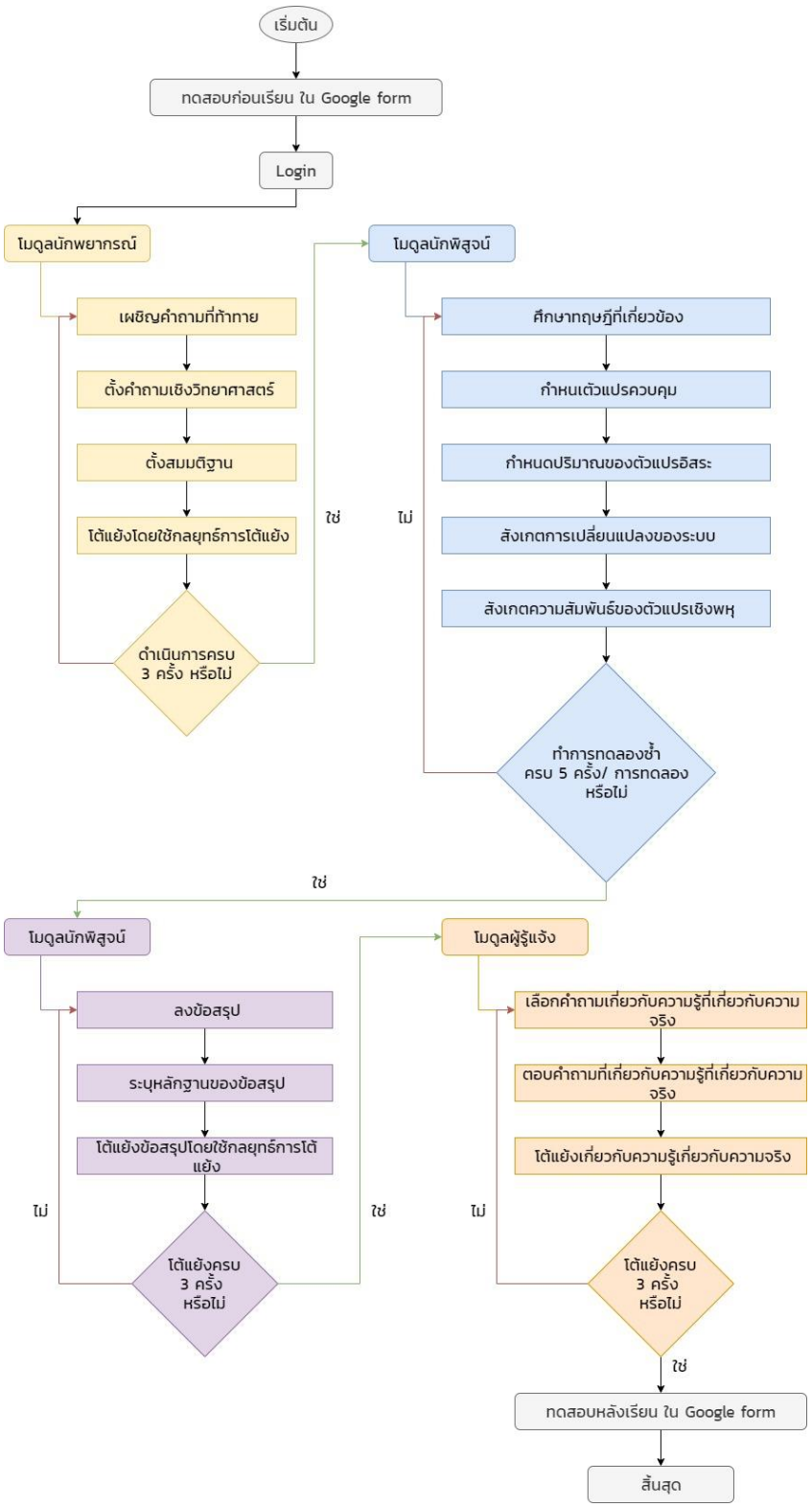
ขั้นที่ 1 เลือกคำถามเกี่ยวกับความรู้เกี่ยวกับความจริง (epistemic knowledge)

ขั้นที่ 2 ตอบคำถามเกี่ยวกับความรู้เกี่ยวกับความจริง

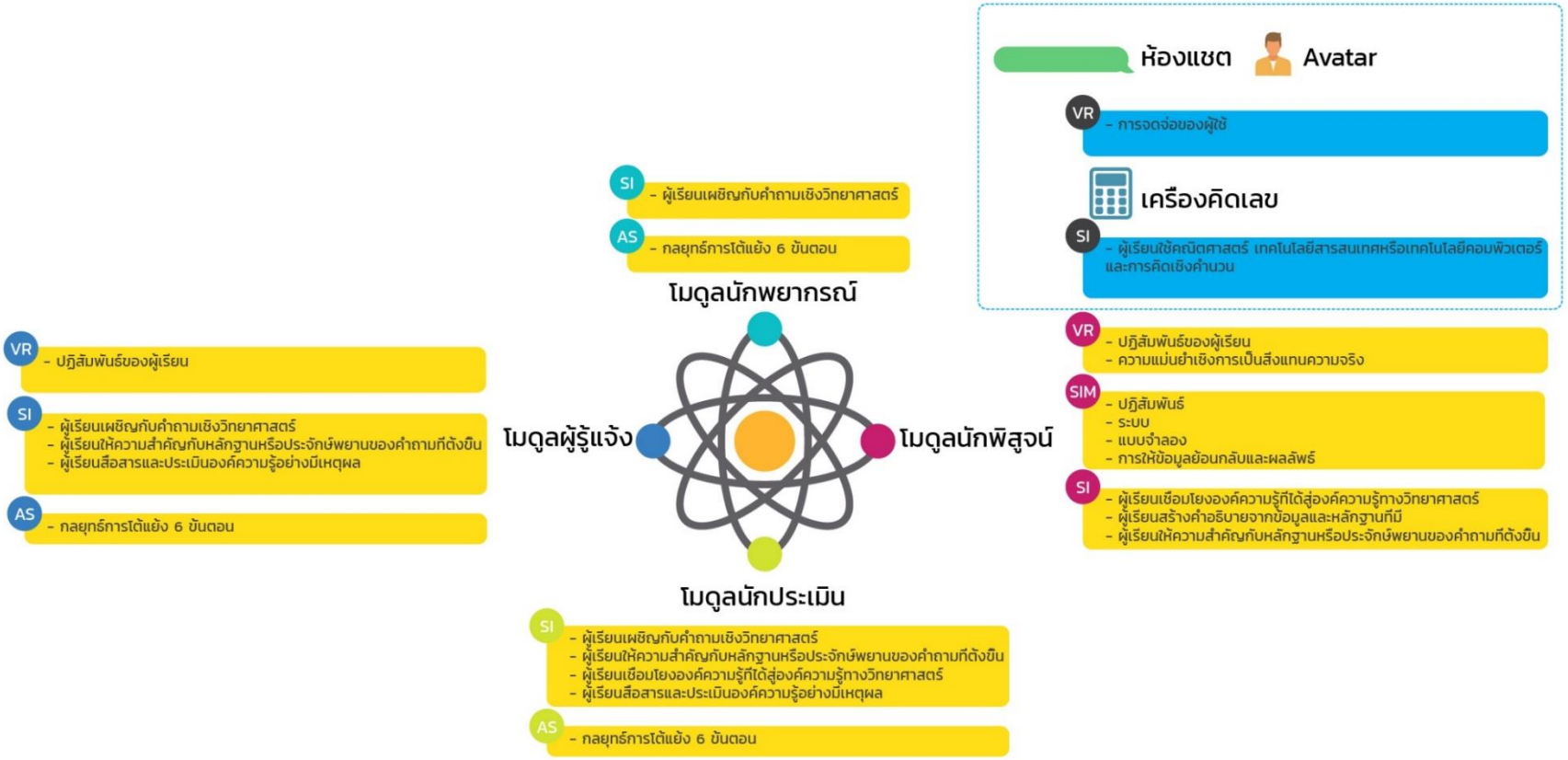
ขั้นที่ 3 โต้แย้งเกี่ยวกับความรู้ที่เกี่ยวกับความจริงโดยใช้กลยุทธ์การโต้แย้ง

ประเมินผล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



ภาพที่ 28 ขั้นตอนการเรียนรู้โดยใช้สถานณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง



ภาพที่ 29 ภาพรวมขององค์ประกอบของสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ ในแต่ละโมดูล และเครื่องมือสนับสนุนการเรียนรู้

190

องค์ประกอบของโปรแกรมสถานณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

1. ความจริงเสมือน (Virtual Reality) หมายถึง แอปพลิเคชันที่แสดงสถานการณ์จำลองของสภาพแวดล้อมจริง หรือ สิ่งแทนความจริงในรูป 3 มิติ ของมโนทัศน์เชิงนามธรรม ผ่านมุมมองบุคคลที่ 1 ที่ถูกสร้างขึ้นจากเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ที่ซึ่งผู้ใช้สามารถที่จะมีปฏิสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมจำลองนั้นได้แบบเวลาจริง โดยใช้อุปกรณ์ควบคุมที่หลากหลายและแสดงผลผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ ประกอบไปด้วย 4 องค์ประกอบหลัก ได้แก่

1.1 ปฏิสัมพันธ์ของผู้เรียน (Learner's Interaction)

หมายถึง ความสามารถของแอปพลิเคชันที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนกำหนดสิ่งต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้นในเหตุการณ์นั้น ๆ ในสภาพแวดล้อมเสมือนด้วยตัวผู้เรียนเอง ซึ่งจะช่วยให้ผุ้เรียนสามารถที่จะสำรวจ จัดการ หมุนภาพ และมองวัตถุจากมุมมองที่หลากหลาย เช่น ผู้เรียนสามารถปรับเปลี่ยนมุมมองได้ 360 องศา

1.2 การจดจ่อของผู้ใช้ (Immersion)

หมายถึง ความสามารถของแอปพลิเคชันที่สามารถสร้างความรู้สึกให้กับผู้เรียนว่าได้อยู่ในสถาณการณ์นั้นจริง ๆ เช่น การมีบทบาทเป็นตัวละครที่ดำเนินกิจกรรมในสภาพแวดล้อมเสมือนนั้น ๆ

1.3 การรู้สึกได้ว่ามีอยู่ (Presence)

หมายถึง การที่ผู้ใช้สามารถรับรู้ได้ถึงปฏิสัมพันธ์ที่เกิดขึ้น โดยได้รับจากภาพ เสียง หรือสิ่งเร้าอื่น ๆ กล่าวคือ เป็นประสบการณ์ที่ได้รับจากความจริงเสมือนไม่ใช่ความรู้สึกว่าเข้าไปอยู่ในสภาพแวดล้อมเชิงกายภาพนั้นจริง ๆ เช่น การเดินชนวัตถุแล้วเกิดปฏิสัมพันธ์กับตัวละคร

1.4 ความแม่นยำเชิงการเป็นสิ่งแทนความจริง (Representational Fidelity)

หมายถึง การแสดงผลที่สมจริงของสภาพแวดล้อมเสมือนซึ่งสามารถถูกเติมเต็มด้วยลักษณะทางกายภาพของสภาพแวดล้อม ได้แก่ ภาพกราฟฟิก และความแน่นอนของพฤติกรรมของวัตถุ เช่น การไหลของของเหลวที่มีพฤติกรรมเชิงฟิสิกส์ได้เหมือนจริง การแสดงพฤติกรรมเชิงฟิสิกส์ที่ถูกต้องเมื่อวัตถุถูกกระตุ้น การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างช้า ๆ เป็นต้น

2. สถานการณ์จำลอง (Simulation) หมายถึง โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีการจำลองสถานการณ์โดยใช้แบบจำลองของระบบธรรมชาติ หรือ สิ่งทีมนุษย์สร้างขึ้น เช่น เครื่องมือ หรือกระบวนการต่าง ๆ ให้มีลักษณะคล้ายคลึงกับความจริง และผู้เรียนสามารถจัดการกับค่าต่าง ๆ ของตัวแปรและได้รับผลของการจัดกระทำนั้นทันท่วงที เกิดการเรียนรู้และมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาเหตุการณ์นั้น ซึ่งประกอบไปด้วยองค์ประกอบหลัก 4 องค์ประกอบ ดังนี้

2.1 ปฏิสัมพันธ์ (Interaction)

หมายถึง ความสามารถของโปรแกรมที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนกำหนดสถานการณ์การต่าง ๆ ของโปรแกรม เช่น การคลิกเพื่อเปลี่ยนหน้า การคลิกไฮเพอร์ลิงค์ การคลิกปุ่มเล่นตลอดจนกำกำหนดค่าพารามิเตอร์ และค่าตัวแปรนำเข้าต่าง ๆ ในสถานการณ์จำลอง

2.2 การให้ข้อมูลย้อนกลับและผลลัพธ์ (Feedback and result)

หมายถึง ความสามารถของโปรแกรมในการแสดงผลที่เกิดจากสิ่งที่ผู้เรียนกำหนดและกระทำจนเกิดการแสดงออกทั้งในลักษณะ 3 มิติ แผนภูมิ กราฟ หรือตาราง เช่น การำหนดตัวแปรอิสระของปรากฏการณ์ จากนั้นมีการรายงานผลการทดลองในรูปแบบกราฟที่แสดงความสัมพันธ์เชิงพหุ

2.3 ระบบ (System)

หมายถึง ความสามารถของโปรแกรมในการแสดงชุดขององค์ประกอบของปรากฏการณ์ที่ส่งผลกระทบกันเป็นเชิงระบบ เช่น เมื่อวัตถุชนกันจะต้องเกิดการดลขึ้น หรือ การผสมของเหลวจะทำให้ปริมาตรของของเหลวเพิ่มขึ้น เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.4 แบบจำลอง (Model)

หมายถึง ความสามารถของโปรแกรมที่แสดงองค์ประกอบของระบบได้อย่างครบถ้วนตรงตามทฤษฎีหรือแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อใช้ในการนำเสนออิทธิพลของแบบจำลองย่อย ๆ ที่ส่งผลในเชิงระบบ เช่น การแสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของของเหลวผสมจะถูกกำหนดโดยความจุความร้อน ปริมาตร อุณหภูมิก่อนผสม และความหนาแน่น ของทั้งของเหลวที่ให้ความร้อนและของเหลวที่รับความร้อน

3. คุณลักษณะสำคัญของการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ (Essential Features of Scientific inquiry) หมายถึง ลักษณะของกิจกรรมในแอปพลิเคชันที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนอาศัยระเบียบวิธีการสืบสอบที่หลากหลายที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการแสวงหาองค์ความรู้ มีวงจรของกระบวนการที่เริ่ม

จากการตั้งคำถาม การสืบสอบ และการประเมินประจักษ์พยาน หรือตอบคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ และเป็นวิธีการที่สังคมวิทยาศาสตร์สร้างและติดตามการปฏิบัติงานของวิชาชีพวิทยาศาสตร์ ซึ่งรวมไปถึง องค์ความรู้ที่เชื่อมั่นได้จากรายงาน การป้องกัน การพินิจพิเคราะห์ และการยืนยันข้อกล่าวอ้างเชิงวิทยาศาสตร์ และการตระหนักรู้ถึงปฏิสัมพันธ์ที่ซับซ้อนระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม และเกี่ยวข้องกับความสามารถในการควบคุมตนเองอย่างตื่นตัวในการค้นหาองค์ความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ประกอบไปด้วย 6 ลักษณะสำคัญ ซึ่งประกอบด้วย6 ลักษณะสำคัญต่อไปนี้

3.1 ผู้เรียนเผชิญกับคำถามทางวิทยาศาสตร์

หมายถึง ลักษณะกิจกรรมของระบบที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เผชิญกับคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ ออกแบบและวางแผน ตั้งคำถามวิจัย วัตถุประสงค์การวิจัย สมมติฐาน ออกแบบขั้นตอนการสืบสอบและเทคนิคการเลือกข้อมูล โดยตั้งอยู่บนคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ที่ผู้เรียนกำลังเผชิญอยู่ด้วยตนเองได้ ผ่านเทคโนโลยีไฮเพอร์ลิงค์ วิดีโอ หรือหน้าต่างป๊อปอัพ (Pop up)

3.2 ผู้เรียนให้ความสำคัญกับหลักฐานหรือประจักษ์พยานของคำถามที่ตั้งขึ้น

หมายถึง ลักษณะกิจกรรมของระบบที่เกิดโอกาสให้ผู้เรียนได้พิจารณาข้อค้นพบที่ได้จากการสืบสอบโดยอ้างอิงจากประจักษ์พยาน ผ่านการแสดงผลการทดลองด้วยกราฟ หรือตารางแสดงข้อมูลผลการทดลอง

3.3 ผู้เรียนสร้างคำอธิบายจากข้อมูลและหลักฐานที่มี

หมายถึง ลักษณะกิจกรรมของระบบที่เกิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สร้างคำอธิบายโดยใช้ประจักษ์พยานที่ได้ ตีความด้วยมุมมองของทฤษฎีที่หลากหลาย พร้อมทั้งออกแบบวิธีการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นที่อาจส่งผลต่อความน่าเชื่อถือของประจักษ์พยานที่ได้

3.4 ผู้เรียนใช้คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีสารสนเทศหรือเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ และการคิดเชิงคำนวน

หมายถึง ลักษณะกิจกรรมของระบบที่เกิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ใช้คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีสารสนเทศหรือเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ และการคิดเชิงคำนวน ซึ่งครอบคลุมปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ทุกรูปแบบ ทั้งด้วยการคำนวนด้วยมือเปล่า ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป หรือเขียนอัลกอรึทึม ในการวิเคราะห์ประจักษ์พยาน

3.5 ผู้เรียนเชื่อมโยงองค์ความรู้ที่ได้สู่องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

หมายถึง ลักษณะกิจกรรมของระบบที่เกิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เชื่อมโยงองค์ความรู้ที่ได้สู่องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์และตีความข้อมูล เขียนข้อสรุปและให้เหตุผลซึ่งผ่านการตรวจสอบอย่างถี่ถ้วน

3.6 ผู้เรียนสื่อสารและประเมินองค์ความรู้อย่างมีเหตุผล

หมายถึง ลักษณะกิจกรรมของระบบที่เกิดโอกาสให้ผู้เรียนมีโอกาสได้สื่อสารและประเมินองค์ความรู้อย่างมีเหตุผล ตีความข้อสรุป นำแสดงต่อชุมชนเพื่อการสื่อสาร ยอมรับข้อค้นพบและเพื่อการไตร่ตรองอย่างละเอียดจากผู้อื่น

4. กลยุทธการโต้แย้ง (Argument Strategy) หมายถึง ความสามารถของระบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนใช้วิธีการ ขั้นตอน หรือ แบบจำลองของการให้เหตุผลเพื่อสร้างข้อสรุปที่ซับซ้อนที่ไม่ได้มาจากการยอมรับในบทนิยาม หรือคำบรรยายและมาตรฐานหนึ่งเท่านั้น แต่เป็นการประสานระหว่างประจักษ์พยานเข้ากับทฤษฎี ซึ่งสนับสนุนหรือโต้แย้งข้อสรุปแบบจำลอง หรือการพยากรณ์นั้นๆ ตลอดจนสร้างและเปรียบเทียบข้อโต้แย้ง ซึ่งข้อโต้แย้งเป็นตัวแทนของชุดเหตุผลที่จะทำให้เชื่อในความจริงที่ปรากฏได้ ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอน ดังนี้

4.1 ยกประเด็นที่อีกฝ่ายนำเสนอ มาเป็นประเด็นตั้งต้น หมายถึง ความสามารถของระบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ ยกประเด็นที่อีกฝ่ายนำเสนอ มาเป็นประเด็นตั้งต้นจากนั้นใช้คำว่า “แต่” เพื่อนำไปสู่การแสดงข้อคิดเห็นที่ขัดแย้งเพื่อโต้กลับ ซึ่งวัดได้จากแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยประเด็นสอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจที่มีต่อกิจกรรมในลักษณะนี้

4.2 ให้ข้อมูล หรือชี้ประเด็นสำคัญที่อีกฝ่ายไม่ได้กล่าวถึง หมายถึง ความสามารถของระบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ให้ข้อมูล หรือชี้ประเด็นสำคัญที่อีกฝ่ายไม่ได้กล่าวถึงในขณะสร้างข้อโต้แย้ง ซึ่งวัดได้จากแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยประเด็นสอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจที่มีต่อกิจกรรมในลักษณะนี้

4.3 ให้หลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่ได้ให้ข้อมูลไป หมายถึง ความสามารถของระบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ให้หลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่ได้ให้ข้อมูลไปกับฝ่ายตรงข้ามในระหว่างสร้างข้อโต้แย้ง ซึ่งวัดได้จากแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยประเด็นสอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจที่มีต่อกิจกรรมในลักษณะนี้

4.4 ระบุความขัดแย้งของข้อโต้แย้ง หมายถึง ความสามารถของระบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ระบุความขัดแย้งของข้อโต้แย้งที่กำลังเป็นประเด็นในระหว่างการ

สร้างข้อโต้แย้ง ซึ่งวัดได้จากแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยประเด็นสอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจที่มีต่อกิจกรรมในลักษณะนี้

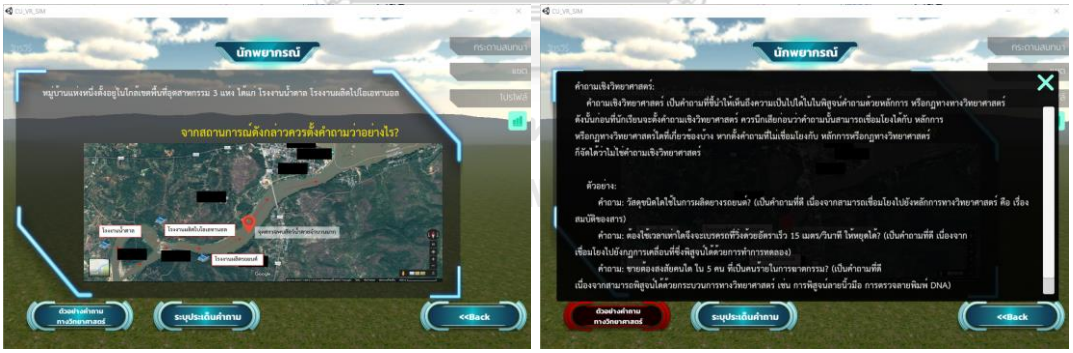
4.5 ประเมินการยอมรับได้ของแต่ละข้อโต้แย้ง หมายถึง ความสามารถของระบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ประเมินการยอมรับได้ของแต่ละข้อโต้แย้งในระหว่างสร้างข้อโต้แย้ง ซึ่งวัดได้จากแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยประเด็นสอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจที่มีต่อกิจกรรมในลักษณะนี้

4.6 ลงข้อสรุปเพื่อนำเสนอเหตุและผลที่ใช้ในการกล่าวอ้าง หมายถึง ความสามารถของระบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงข้อสรุปเพื่อนำเสนอเหตุและผลที่ใช้ในการกล่าวอ้าง โดยนำเสนอให้เห็นถึงประเด็นที่อีกฝ่ายนำเสนอ ข้อเสนอของตนที่ไม่ขัดแย้ง และหลักฐานที่ใช้ในการตีโต้กลับ ซึ่งวัดได้จากแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยประเด็นสอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจที่มีต่อกิจกรรมในลักษณะนี้

รายละเอียดและตัวอย่างหน้าจอโปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

<u>โมดูลนักพยากรณ์</u>

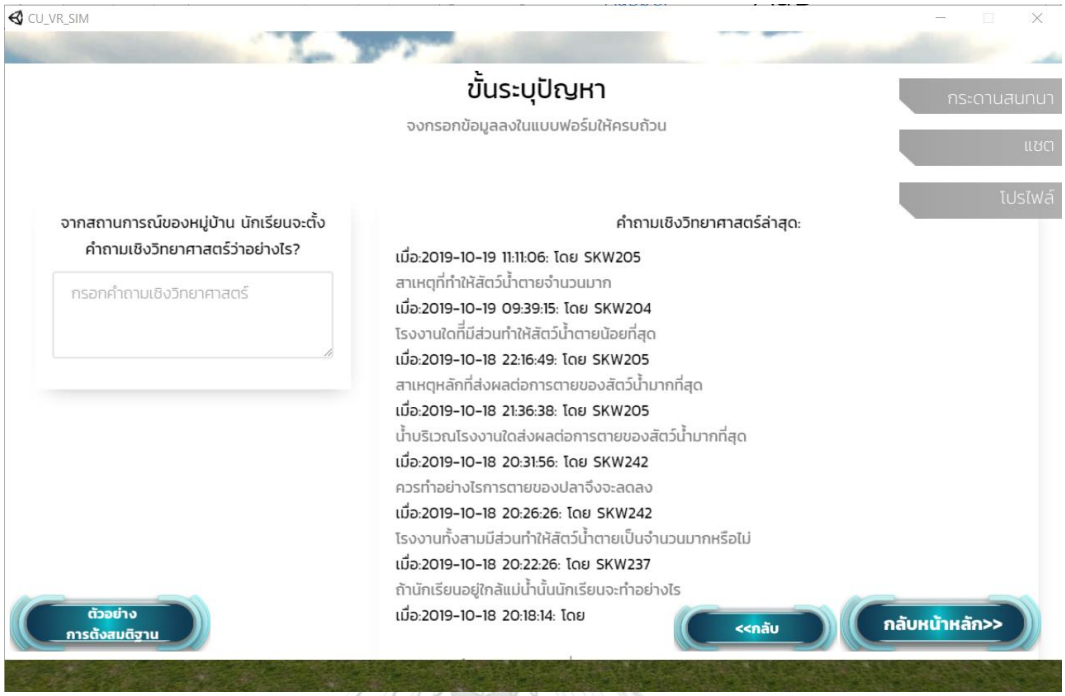
ขั้นที่ 1 เผชิญคำถามเชิงวิทยาศาสตร์



ภาพที่ 30 ตัวอย่างหน้าจอขั้นเผชิญคำถามเชิงวิทยาศาสตร์

ดังภาพที่ 30 ในฉากนี้มีการนำเอาองค์ประกอบด้านการให้ผู้เรียนได้เผชิญกับคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ของคุณลักษณะสำคัญของการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เผชิญกับคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ ออกแบบและวางแผน ตั้งคำถามวิจัย วัตถุประสงค์การวิจัย สมมติฐาน ออกแบบขั้นตอนการสืบสอบและเทคนิคการเลือกข้อมูล โดยตั้งอยู่บนคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ที่ผู้เรียนกำลังเผชิญอยู่ด้วยตนเองได้

ขั้นที่ 2 ตั้งคำถามเชิงวิทยาศาสตร์

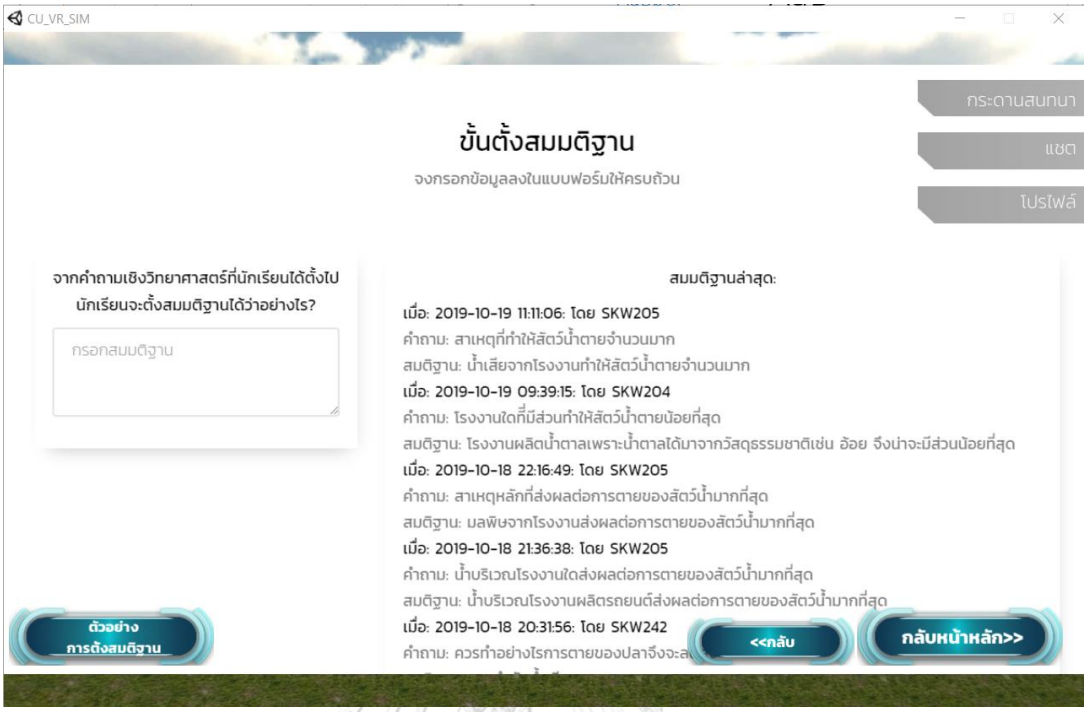


ภาพที่ 31 ตัวอย่างหน้าจอขั้นการสร้างคำถามเชิงวิทยาศาสตร์

ดังภาพที่ 31 ในฉากนี้มีการนำเอาองค์ประกอบด้านการให้ผู้เรียนได้เผชิญกับคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ของคุณลักษณะสำคัญของการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เผชิญกับคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ ออกแบบและวางแผน ตั้งคำถามวิจัย วัตถุประสงค์การวิจัย สมมติฐาน ออกแบบขั้นตอนการสืบสอบและเทคนิคการเลือกข้อมูล โดยตั้งอยู่บนคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ที่ผู้เรียนกำลังเผชิญอยู่ด้วยตนเองได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นที่ 3 ตั้งสมมติฐาน

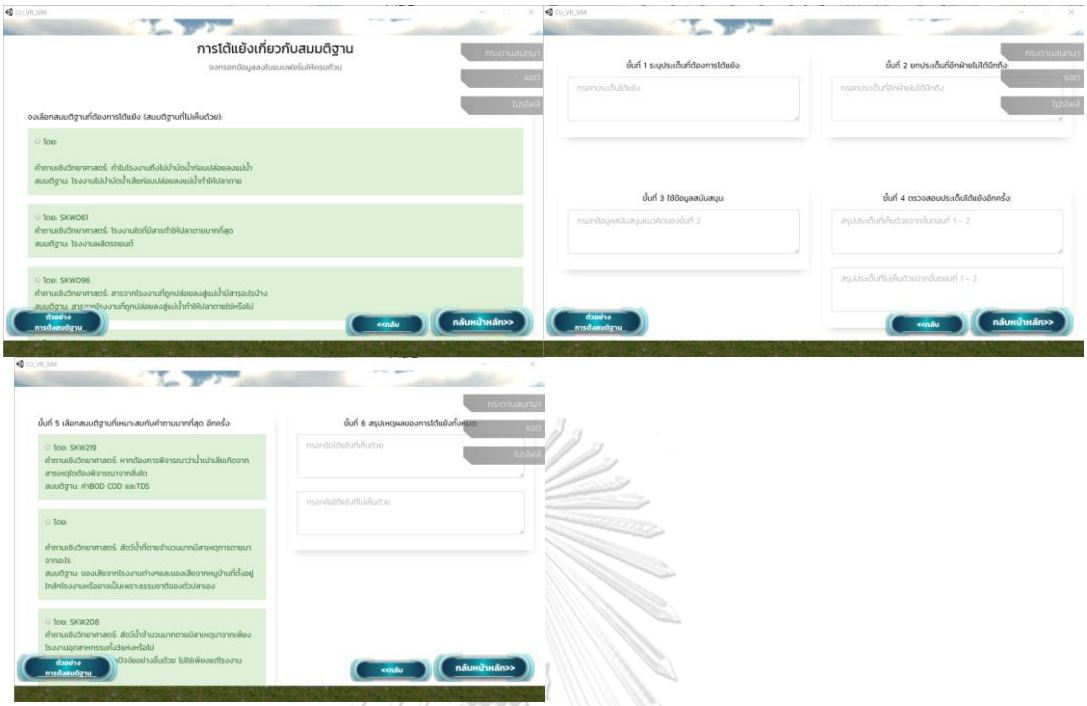


ภาพที่ 32 ตัวอย่างหน้าจอขั้นตั้งสมมติฐาน

ดังภาพที่ 32 ในฉากนี้มีการนำเอาองค์ประกอบด้านการให้ผู้เรียนได้เผชิญกับคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ของคุณลักษณะสำคัญของการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เผชิญกับคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ ออกแบบและวางแผน ตั้งคำถามวิจัย วัตถุประสงค์การวิจัย สมมติฐาน ออกแบบขั้นตอนการสืบสอบและเทคนิคการเลือกข้อมูล โดยตั้งอยู่บนคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ที่ผู้เรียนกำลังเผชิญอยู่ด้วยตนเองได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ขั้นที่ 4 โต้แย้งโดยใช้กลยุทธ์การโต้แย้ง



ภาพที่ 33 ตัวอย่างหน้าจอขั้นโต้แย้งโดยใช้กลยุทธการโต้แย้ง

ดังภาพที่ 33 ในส่วนนี้ของโปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ เป็นการนำเอาองค์ประกอบด้านกลยุทธ์การโต้แย้งของสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ มาใช้ โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนใช้วิธีการ ขั้นตอน หรือแบบจำลองของการให้เหตุผลเพื่อสร้างข้อสรุปที่ซับซ้อนที่ไม่ได้มาจากการยอมรับในบทนิยาม หรือคำบรรยายและมาตรฐานหนึ่งเท่านั้น แต่เป็นการประสานระหว่างประจักษ์พยานเข้ากับทฤษฎี ซึ่งสนับสนุนหรือโต้แย้งข้อสรุป แบบจำลอง หรือการพยากรณ์นั้น ๆ ตลอดจนสร้างและเปรียบเทียบข้อโต้แย้ง ซึ่งข้อโต้แย้งเป็นตัวแทนของชุดเหตุผลที่จะทำให้เชื่อในความจริงที่ปรากฏได้

การประเมินการมีพัฒนาการทางการเรียนรู้ของผู้เรียน สามารถประเมินได้จากจำนวนครั้งของการแย้ง โดยผู้เรียนต้องโต้แย้งอย่างน้อย 3 ครั้ง เพื่อให้มั่นใจได้ว่าผู้เรียนได้ศึกษาการโต้แย้งของเพื่อนในประชาคมการเรียนรู้ และเป็นการฝึกฝนการใช้กลยุทธ์การโต้แย้ง

โมดูลนักพิสูจน์

การนำเข้าสู่สถานการณ์จำลองของโมดูลนักพิสูจน์

ภาพที่ 34 การนำเข้าสู่สถานการณ์จำลองของโมดูลนักพิสูจน์โดยใช้โลกเสมือน

ดังภาพที่ 34 เป็นตัวอย่างของการใช้องค์ประกอบปฏิสัมพันธ์ของผู้เรียนของความจริงเสมือน เพื่อสร้างความรู้สึกเสมือนจริงให้กับผู้เรียนในสถานการณ์สืบสอบที่กำลังดำเนินอยู่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

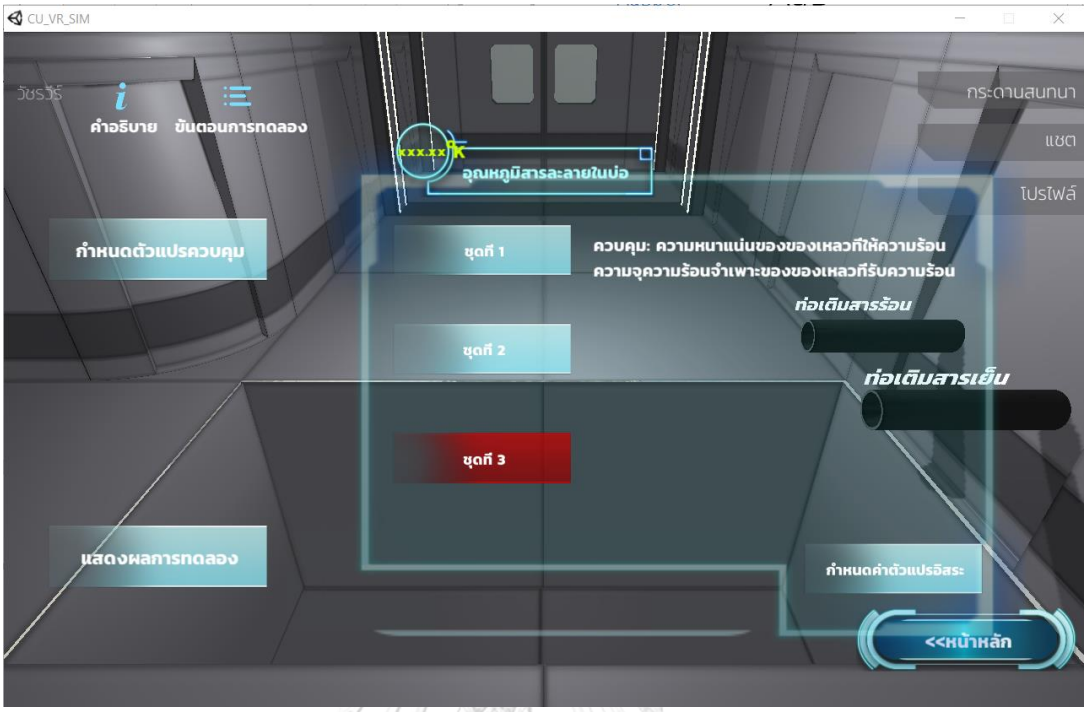
ขั้นที่ 1 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ภาพที่ 35 หน้าจอขั้นศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ดังภาพที่ 35 เป็นตัวอย่างการใช้องค์ประกอบด้านผู้เรียนเชื่อมโยงองค์ความรู้ที่ได้สู่องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ของคุณลักษณะสำคัญของการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อนำเสนอเนื้อหาส่วนทีเป็นหลักการทางวิทยาศาสตร์ ให้ผู้เรียนใช้ในการสืบสอบขั้นต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ขั้นที่ 2 กำหนดตัวแปรควบคุม



ภาพที่ 36 หน้าจอขั้นกำหนดตัวแปรควบคุม

ดังภาพที่ 36 ตัวอย่างการใช้องค์ประกอบผู้เรียนสร้างคำอธิบายจากข้อมูลและหลักฐานที่มีของคุณลักษณะสำคัญของการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ ร่วมกับองค์ประกอบปฏิสัมพันธ์ของสถานการณ์จำลอง เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้กำหนดแนวทางการสืบสอบและแก้ปัญหาโดยระบุให้ตัวแปรควบคุมมีค่าคงที่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

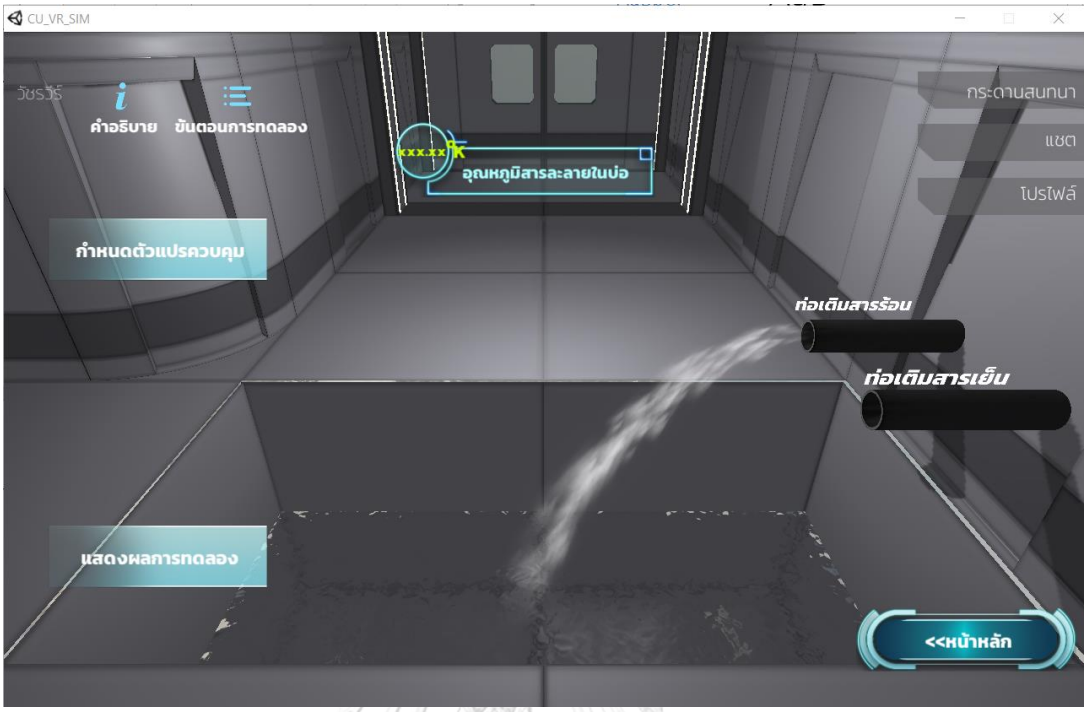
ขั้นที่ 3 กำหนดปริมาณของตัวแปรอิสระ

ภาพที่ 37 ขั้นกำหนดปริมาณของตัวแปรอิสระ

ดังภาพที่ 37 ตัวอย่างการใช้องค์ประกอบผู้เรียนสร้างคำอธิบายจากข้อมูลและหลักฐานที่มีของคุณลักษณะสำคัญของการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ ร่วมกับองค์ประกอบปฏิสัมพันธ์ของสถานณ์การจำลองเพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้กำหนดปริมาณของตัวแปรก่อนเริ่มการสืบสอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ขั้นที่ 4 สังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงของระบบ

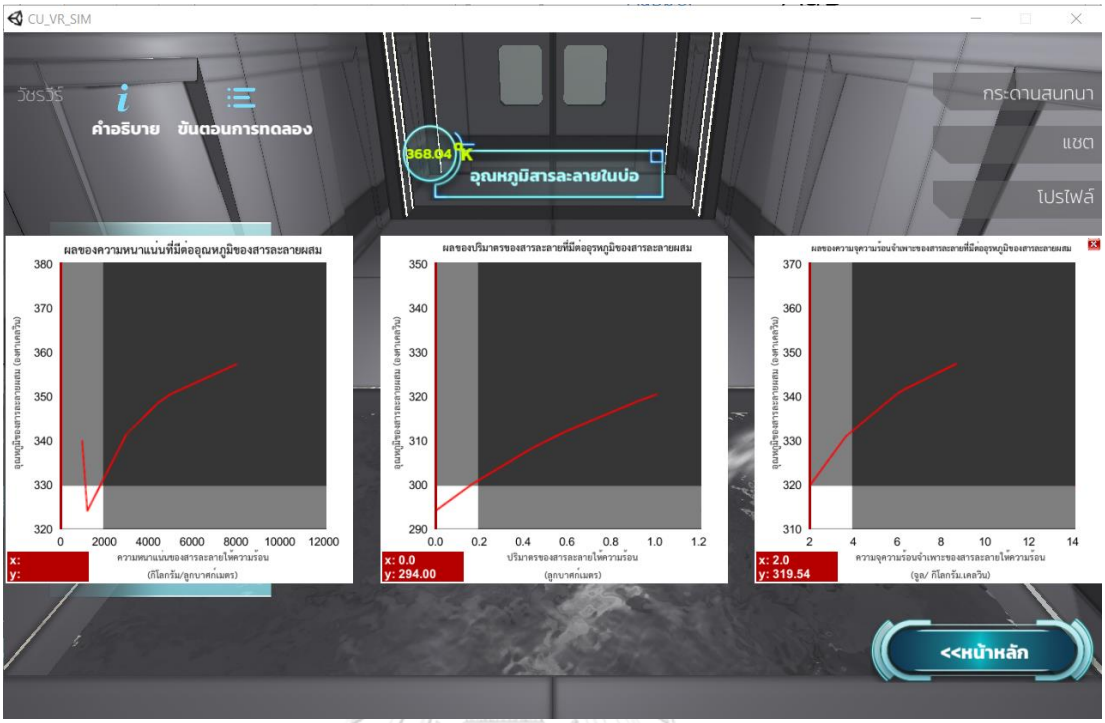


ภาพที่ 38 หน้าจอขั้นสังเกตการเปลี่ยนแปลงของระบบ

ดังภาพที่ 38 ตัวอย่างการใช้องค์ประกอบความแม่นยำเชิงการเป็นสิ่งแทนความจริงของความจริงเสมือน ร่วมกับองค์ประกอบระบบ และแบบจำลอง ของสถานการณ์จำลองเพื่อนำเสนอปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่มีความสมจริง เสมือนผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรงในโลกแห่งความจริง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ขั้นที่ 5 สังเกตความสัมพันธ์ของตัวแปรเชิงพหุ



ภาพที่ 39 หน้าจอขั้นสังเกตความสัมพันธ์ของตัวแปรเชิงพหุ

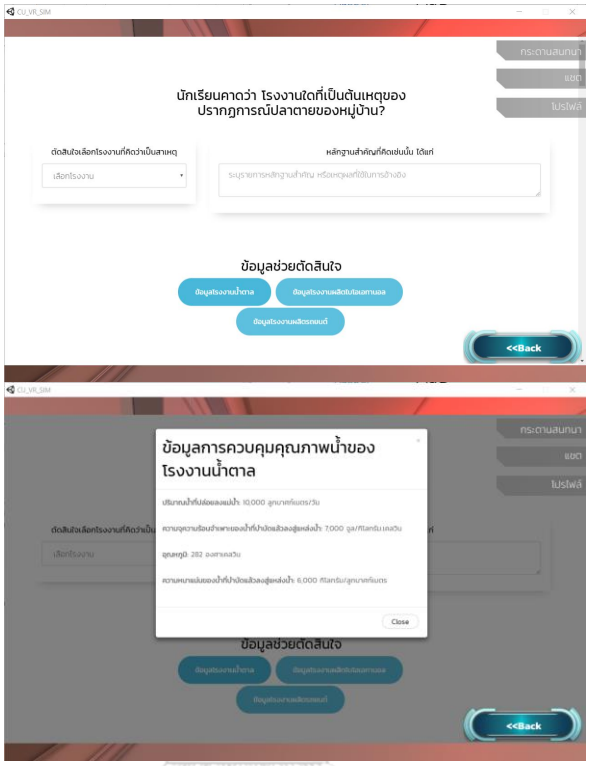
ดังภาพที่ 39 ตัวอย่างการใช้องค์ประกอบผู้เรียนให้ความสำคัญกับหลักฐานหรือประจักษ์พยานของคำถามที่ตั้งขึ้นของคุณลักษณะสำคัญของการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ ร่วมกับ องค์ประกอบการให้ข้อมูลย้อนกลับและผลลัพธ์ของสถานการณ์จำลอง เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความตระหนักถึงผลของการทดลองที่เกี่ยวข้องกับการสืบสอบ ทั้งยังเป็นการแสดงผลของความสัมพันธ์เชิงพหุของตัวแปรภายในระบบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การประเมินพัฒนาการเรียนรู้ของโมดูลสามารถประเมินจากการทดลองซ้ำอย่างน้อย 5 ครั้งต่อชุดการทดลอง เพื่อเป็นการฝึกฝนผู้เรียนให้รวบรวมข้อมูลให้เพียงพอก่อนสรุปผลการทดลอง

โมดูลนักประเมิน

ขั้นที่ 1 ลงข้อสรุป

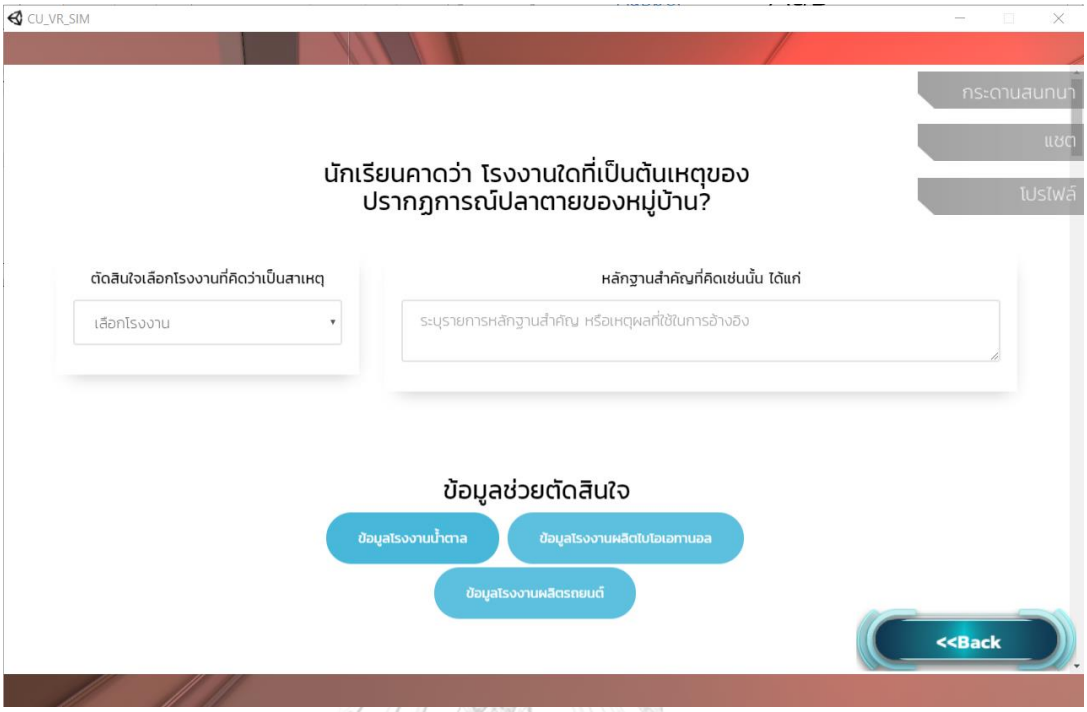


ภาพที่ 40 หน้าจอขั้นลงข้อสรุป

ดังภาพที่ 40 ตัวอย่างการใช้องค์ประกอบผู้เรียนเผชิญกับคำถามทางวิทยาศาสตร์ ผู้เรียนให้ความสำคัญกับหลักฐานหรือประจักษ์พยานของคำถามที่ตั้งขึ้น ผู้เรียนเชื่อมโยงองค์ความรู้ที่ได้สู่องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และผู้เรียนสื่อสารและประเมินองค์ความรู้อย่างมีเหตุผล ของคุณลักษณะสำคัญของการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนได้ลงข้อสรุปโดยใช้สารสนเทศที่มีร่วมกับประจักษ์พยาน และทฤษฎี ที่เกี่ยวข้องที่ได้จากการทดลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นที่ 2 ระบุหลักฐานของข้อสรุป

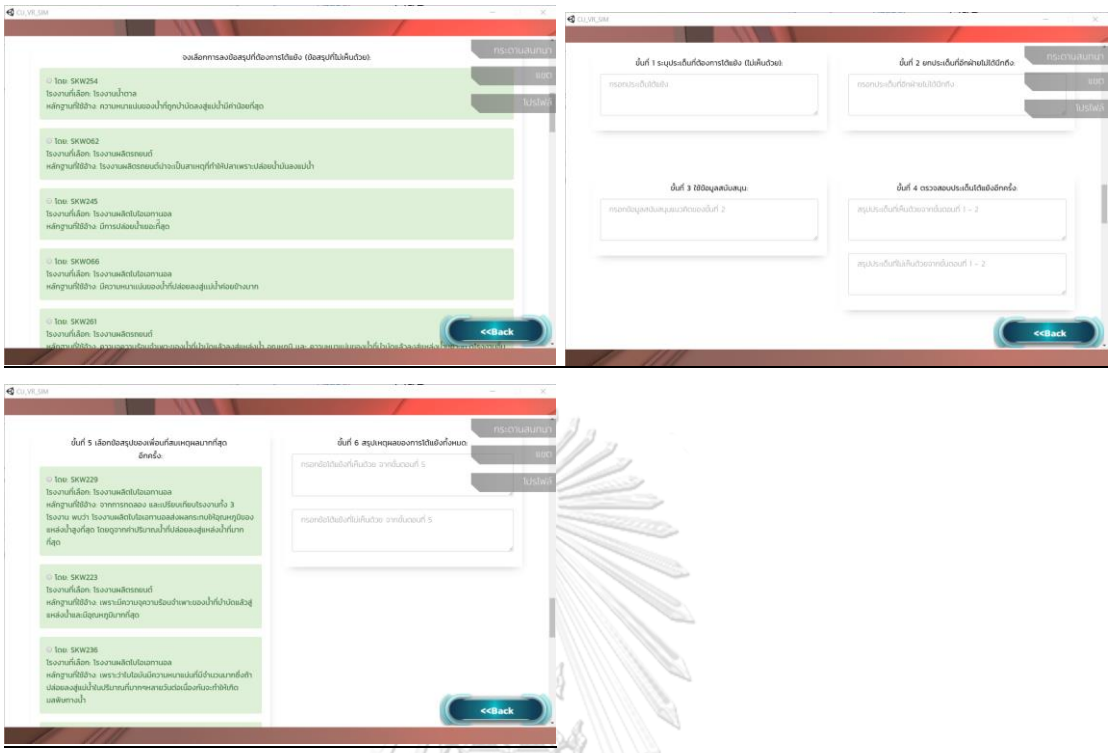


ภาพที่ 41 หน้าจอขั้นระบุหลักฐานของข้อสรุป

ดังภาพที่ 41 ตัวอย่างการใช้องค์ประกอบผู้เรียนให้ความสำคัญกับหลักฐานหรือประจักษ์พยานของคำถามที่ตั้งขึ้น ผู้เรียนเชื่อมโยงองค์ความรู้ที่ได้สู่องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และผู้เรียนสื่อสารและประเมินองค์ความรู้อย่างมีเหตุผล ของคุณลักษณะสำคัญของการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนการสื่อสารอย่างมีเหตุผล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นที่ 3 โต้แย้งข้อสรุปโดยใช้กลยุทธ์การโต้แย้ง



ภาพที่ 42 หน้าจอขั้นโต้แย้งข้อสรุปโดยใช้กลยุทธ์การโต้แย้ง

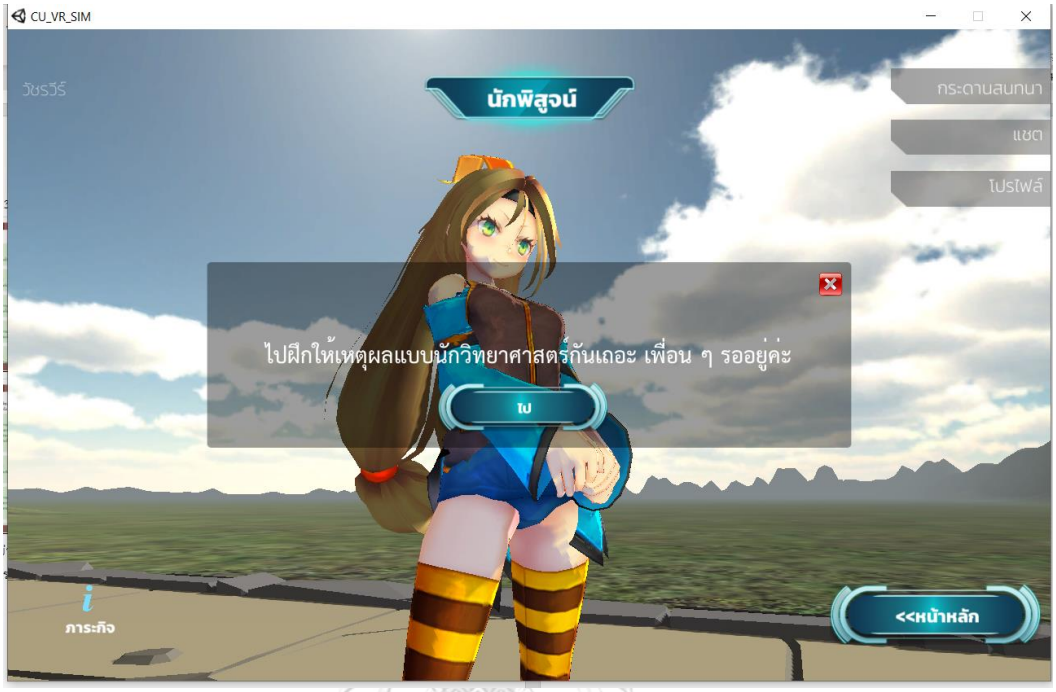
ดังภาพที่ 42 ตัวอย่างการใช้กลยุทธ์การโต้แย้งเพื่อส่งเสริมการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ในขั้นตอนของการลงข้อสรุป และประเมินประจักษ์พยาน

การประเมินพัฒนาการทางการเรียนรู้ของโมดูล สามารถทำได้โดยประเมินจากจำนวนครั้งของการโต้แย้ง เพื่อให้มั่นใจว่าผู้เรียนได้ศึกษาการแย้งของสมาชิกของประชมการเรียนรู้ และยังได้เป็นการฝึกฝนการใช้กลยุทธ์การโต้แย้งอีกด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โมดูลผู้รู้แจ้ง

การนำเข้าสู้กิจกรรม

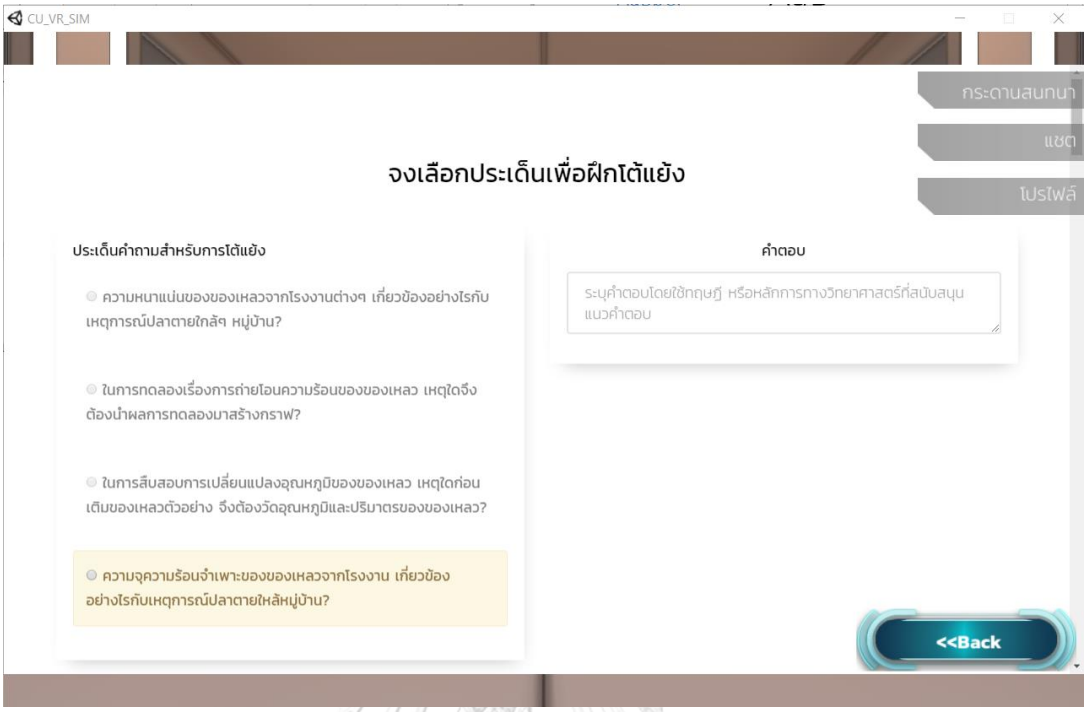


ภาพที่ 43 หน้าจอการนำเข้าสู้กิจกรรมของโมดูลผู้รู้แจ้งโดยใช้ Learning Agent

ดังภาพที่ 43 ตัวอย่างการใช้องค์ประกอบปฏิสัมพันธ์ของผู้เรียนของความจริงเสมือนเพื่อสร้างความรู้สึกเสมือนจริงให้กับผู้เรียนในสถานการณ์สืบสอบที่กำลังดำเนินอยู่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ขั้นที่ 1 เลือกคำถามเกี่ยวกับความรู้เกี่ยวกับความจริง

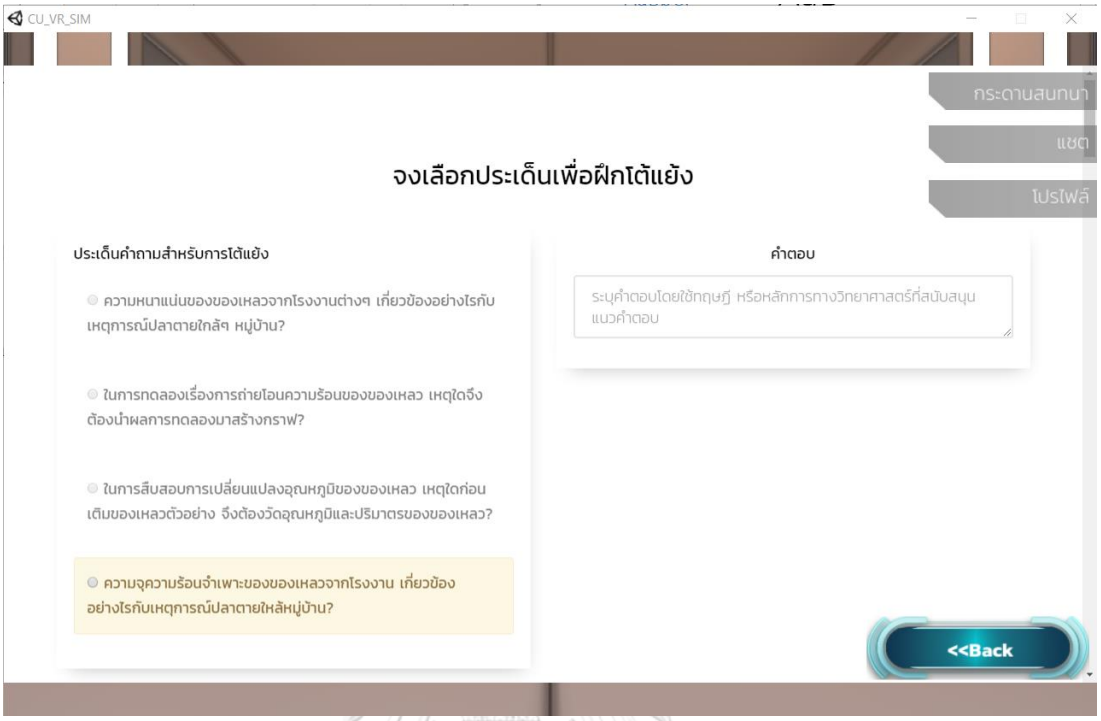


ภาพที่ 44 หน้าจอขั้นเลือกคำถามเกี่ยวกับความรู้เกี่ยวกับความจริง

ดังภาพที่ 44 ตัวอย่างการใช้องค์ประกอบผู้เรียนเผชิญกับคำถามทางวิทยาศาสตร์ของคุณลักษณะสำคัญของการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ ในการนำเสนอประเด็นคำถามทางวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ขั้นที่ 2 ตอบคำถามเกี่ยวกับความรู้เกี่ยวกับความจริง



ภาพที่ 45 หน้าจอขั้นตอบคำถามเกี่ยวกับความรู้เกี่ยวกับความจริง

ดังภาพที่ 45 ตัวอย่างการใช้องค์ประกอบผู้เรียนเผชิญกับคำถามทางวิทยาศาสตร์ของคุณลักษณะสำคัญของการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ ในการนำเสนอประเด็นคำถามทางวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ขั้นที่ 3 โต้แย้งโดยใช้กลยุทธ์การโต้แย้ง

ภาพที่ 46 หน้าจอขั้นโต้แย้งโดยใช้กลยุทธ์การโต้แย้ง

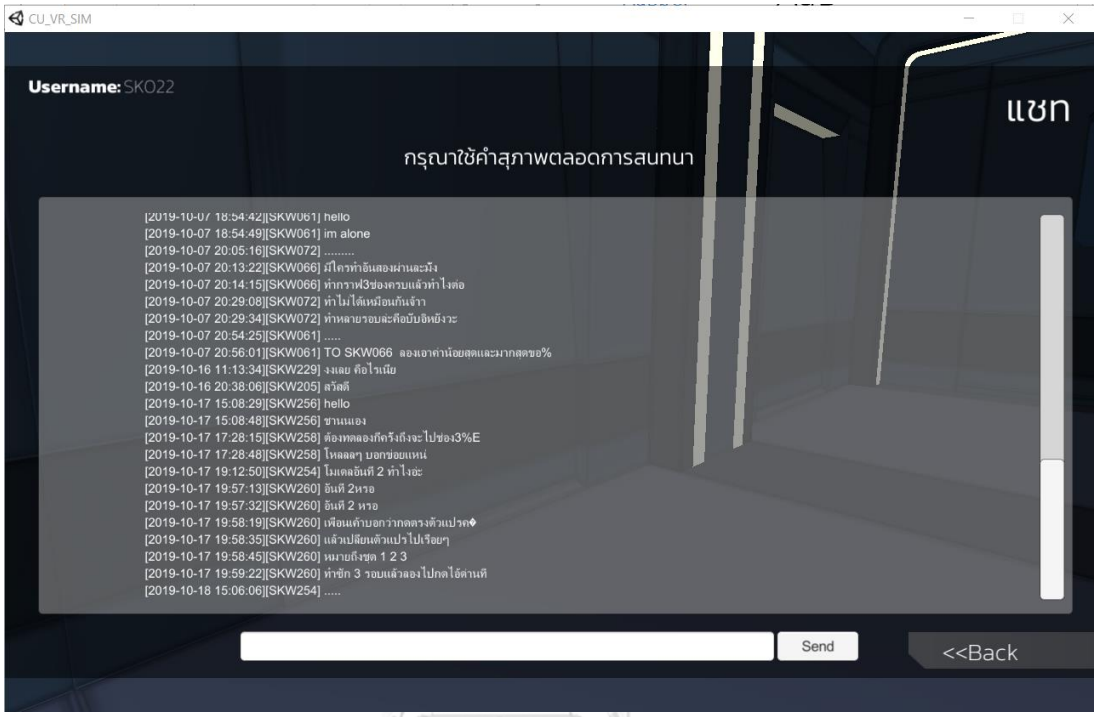
ดังภาพที่ 46 ตัวอย่างการเปิดโอกาให้ผู้เรียนได้ฝึกใช้กลยุทธ์การโต้แย้งในการอภิปรายเกี่ยวกับการตอบคำถามที่เกี่ยวกับความรู้เกี่ยวกับความจริง

การประเมินพัฒนาการของโมดูลสามรถทำได้โดยการนับจำนวนครั้งของการเข้าร่วมโต้แย้งในประชาคมการเรียนรู้ เพื่อให้มั่นใจว่าผู้เรียนได้ศึกษาแนวคิดของผู้อื่น และฝึกฝนการใช้กลยุทธ์การโต้แย้ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

<u>เครื่องมือสนับสนุนการเรียนรู้</u>

1. Chat

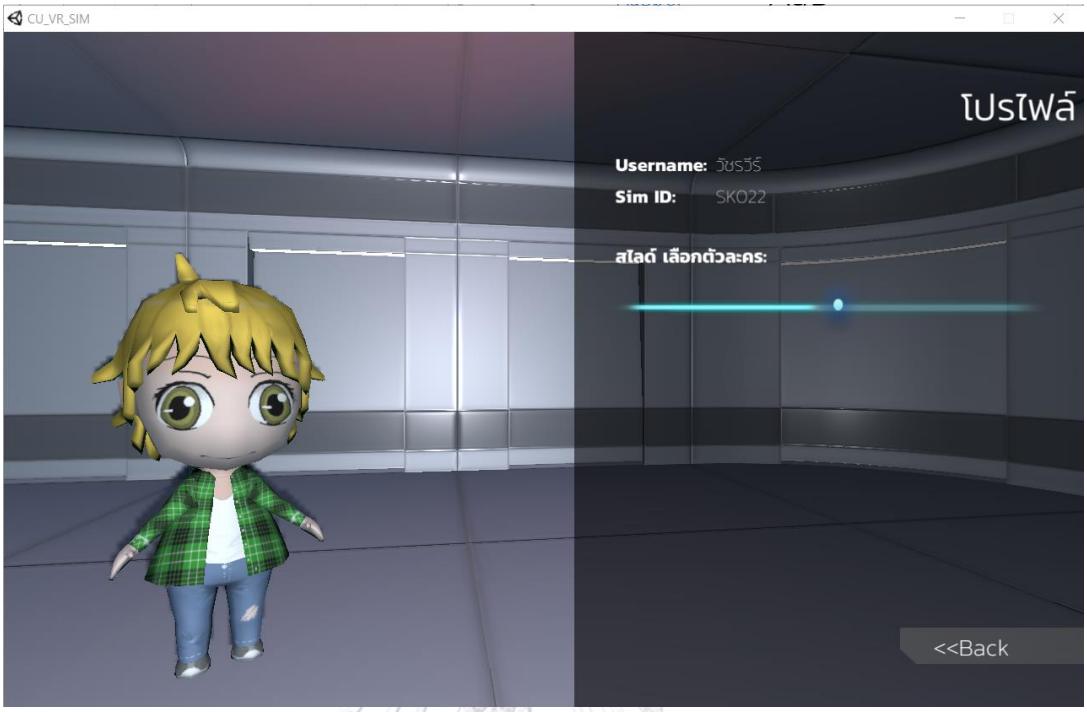


ภาพที่ 47 หน้าจอการใช้ Chat ในการสร้างการจดจ่อของผู้เรียน

ดังภาพที่ 47 การใช้ Chat เป็นการนำหลักการจดจ่อของผู้ใช้ (Immersion) ของความจริงเสมือนมาใช้เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้สึกถึงการมีตัวตนในสภาพแวดล้อมเสมือนนั้น ๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2. Avatar

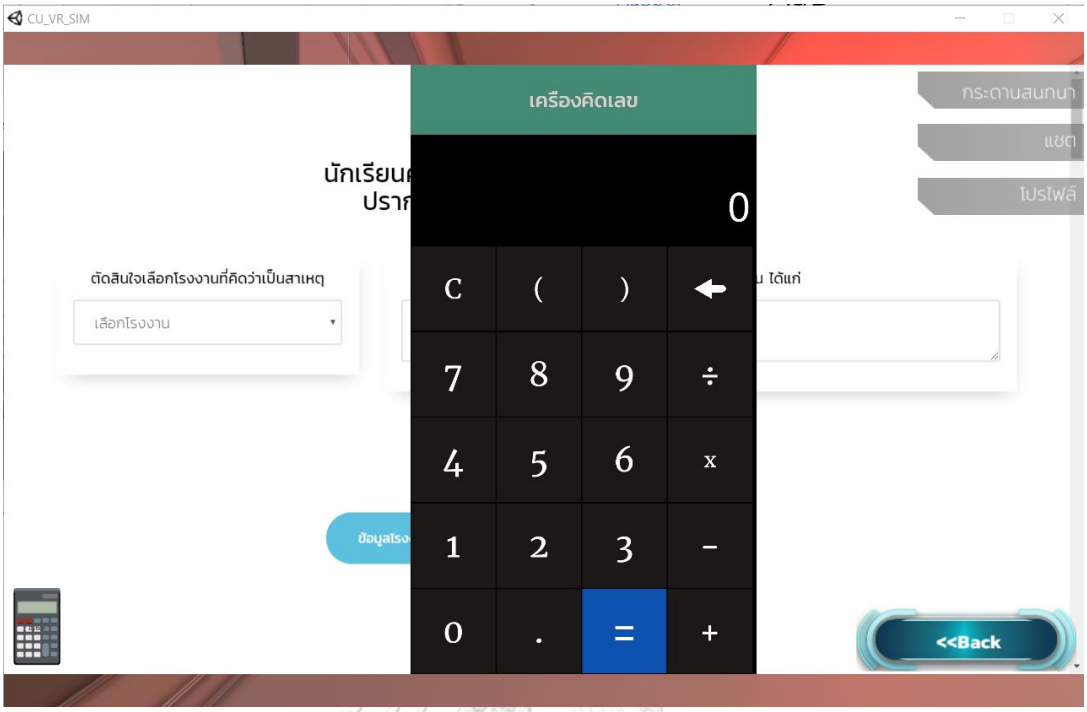


ภาพที่ 48 การใช้ Avatar ในการสร้างการจดจ่อของผู้เรียน

ดังภาพที่ 48 การใช้ Avatar เป็นการนำหลักการจดจ่อของผู้ใช้ (Immersion) ของความจริงเสมือนมาใช้เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้สึกถึงการมีตัวตนในสภาพแวดล้อมเสมือนนั้น ๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. เครื่องคิดเลข



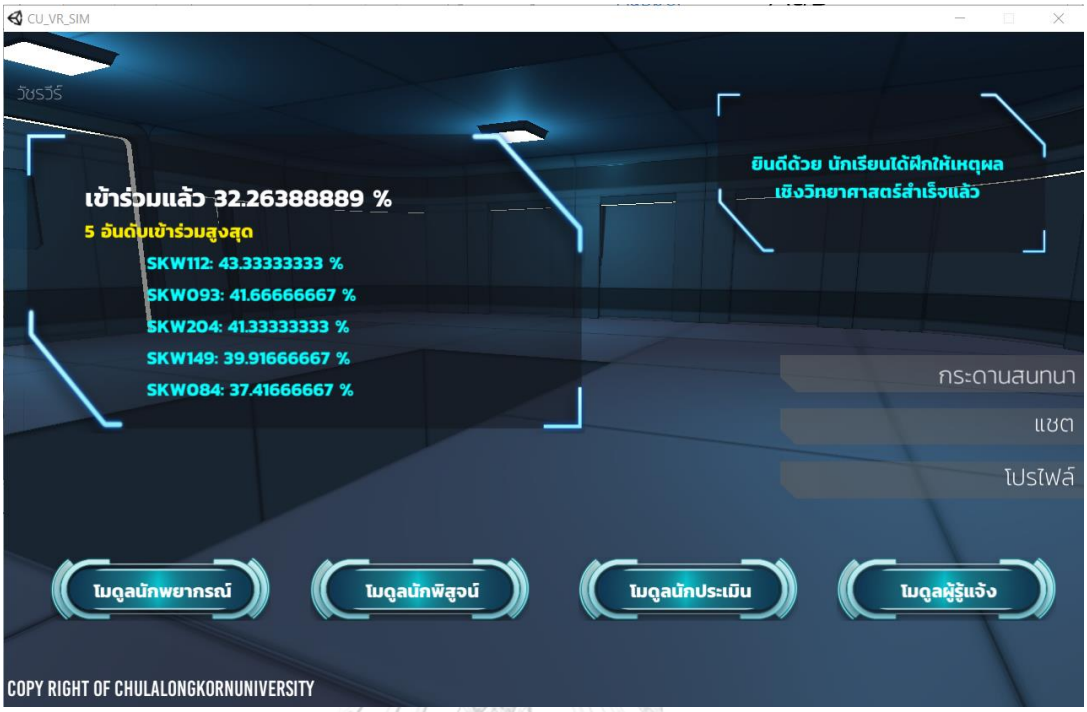
ภาพที่ 49 การใช้เครื่องคิดเลขเป็นเครื่องมือช่วยในการคำนวน

ดังภาพที่ 49 ตัวอย่างการใช้องค์ประกอบผู้เรียนใช้คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีสารสนเทศหรือเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ และการคิดเชิงคำนวน ของคุณลักษณะสำคัญของการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ในการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ใช้การคิดเชิงคำนวณในการตัดสินใจลงข้อสรุปเชิงวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เครื่องคิดเลขถูกนำมาใช้ตามแนวคิดการออกแบบโมดูลการเรียนรู้ของ Weber et al. (2013) ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ใช้การเปรียบเทียบเชิงปริมาณเป็นประจักษ์พยานในกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบสอบเกี่ยวกับอิทธิพลของตะกั่วที่มีต่อการเจริญเติบโตของปลาชิว ซึ่งเป็นการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ภายใต้กรอบPractices Essential to K–12 Science (Patt, 2011, อ้างถึงใน Webber et al., 2013)

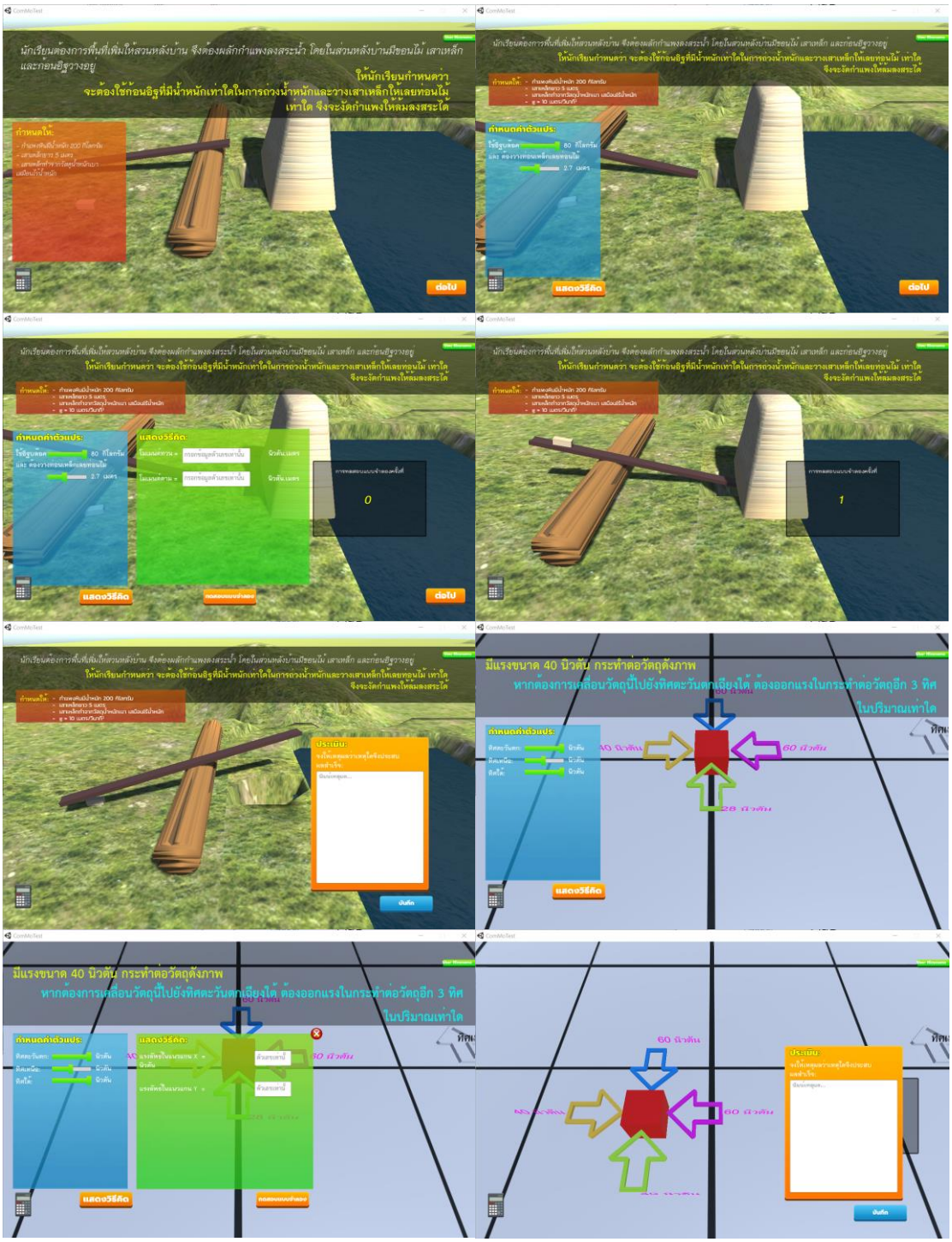
ตัวอย่างหน้าจอเมนู



ภาพที่ 50 หน้าจอเมนูหลัก

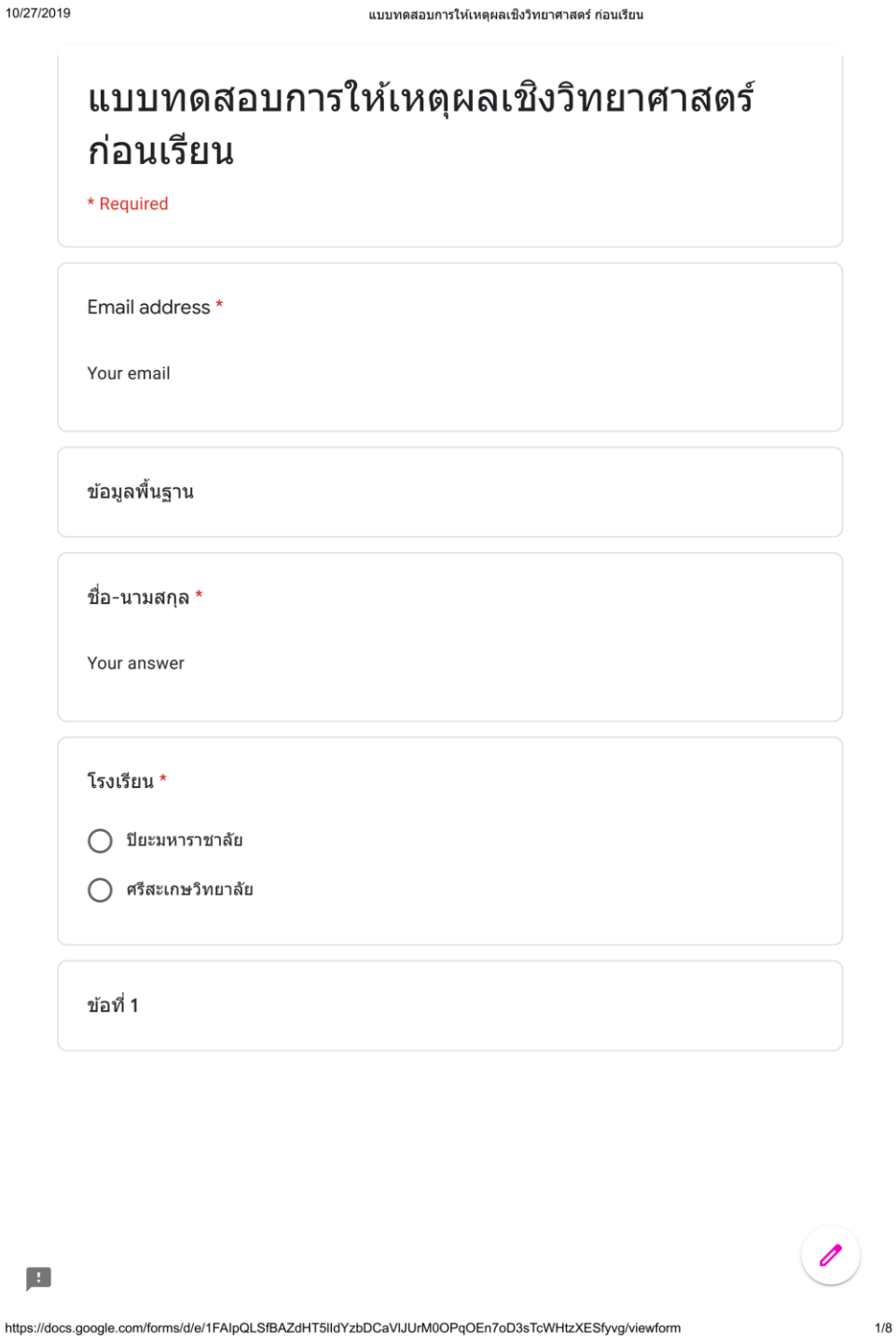
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวอย่างแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์

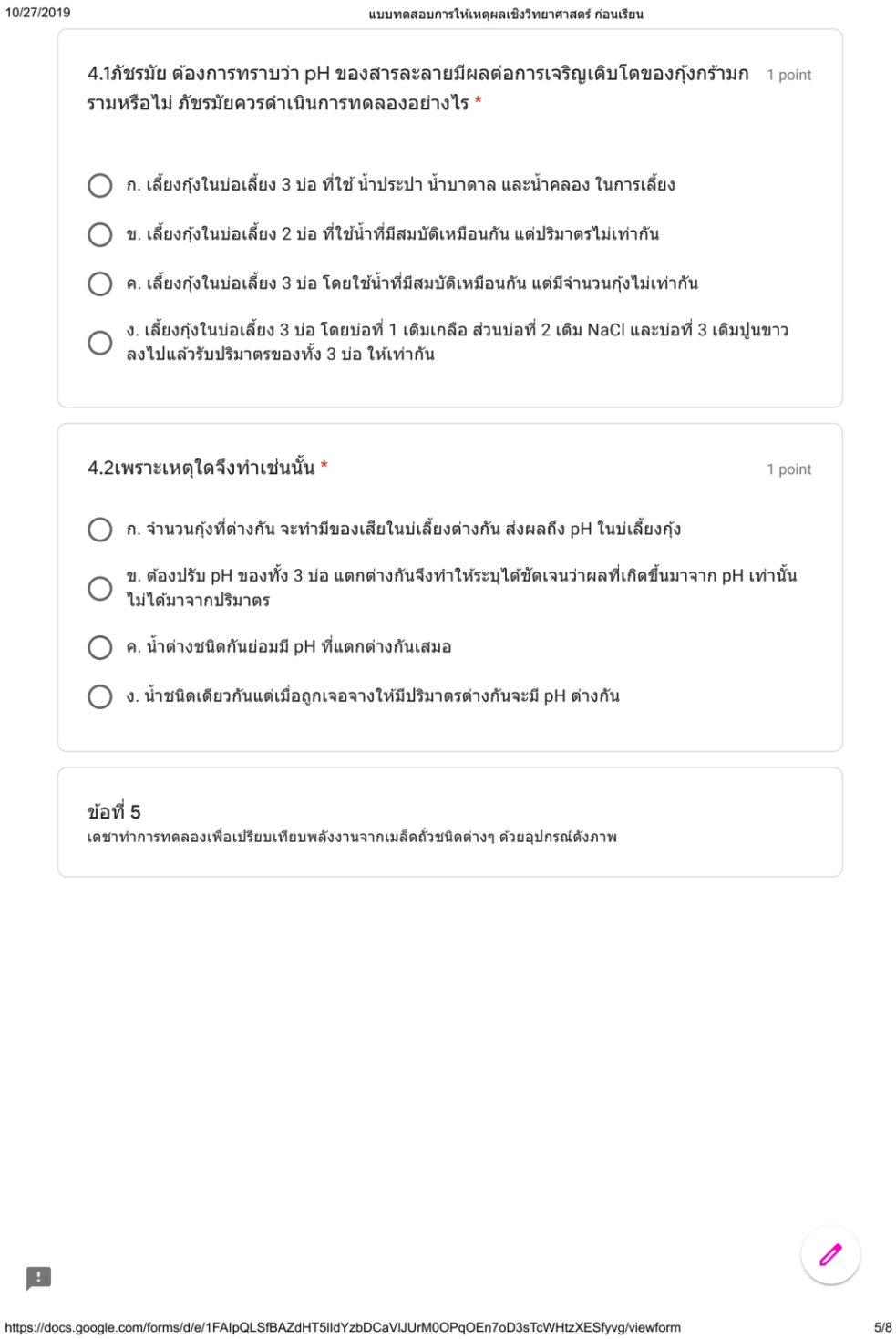


ภาพที่ 51 หน้าจอโปรแกรมแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์

ตัวอย่างแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์



ภาพที่ 52 หน้าจอแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในโปรแกรม Google From



ภาพที่ 52 หน้าจอแบบทดสอบวัดความามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ในโปรแกรม Google From (ต่อ)

บทที่ 6
สรุปผลวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์นำเสนอโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง ดังนี้

1. เพื่อศึกษาสภาพ ปัญหา ความต้องการในการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ข และการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

2. เพื่อพัฒนาโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

3. เพื่อพัฒนารูปแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

4. เพื่อศึกษาผลการใช้รูปแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

5. เพื่อนำเสนอโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6. เพื่อนำเสนอรูปแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

วิธีดำเนินการวิจัย

ระยะที่ 1 การศึกษาสภาพ ปัญหา ความต้องการในการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาในระยะนี้ได้แก่ครูผู้สอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ทั่วประเทศ

เครื่องมือที่ในการวิจัย คือ แบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

ระยะที่ 2 การพัฒนาโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

ตอนที่ 1 ผู้วิจัยได้ทำการทบทวนวรรณกรรม และสังเคราะห์ขั้นตอนการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริง จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Alessi & Trollip, 2001; Dick et al., 2015; Hassan & Ibrahim, 2010; Seow et al., 2005)

ตอนที่ 2 ผู้วิจัยได้ทำการส่งร่างโมเดลการออกแบบให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินความเป็นได้ของการใช้โมเดลการออกแบบฯ ในการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา จำนวน 3 คน และ ผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 2 คน

เครื่องมือที่ใช้ คือ แบบประเมินความเป็นไปได้ของการใช้โมเดลการออกแบบฯ และแบบประเมินความเหมาะสมของร่างโปรแกรมสานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ

ระยะที่ 3 การศึกษาผลการใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

ตอนที่ 1 การพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนศรีสะเกษวิทยาลัย จำนวน 37 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ผลการพัฒนาเครื่องมือ พบว่า ได้แบบทดสอบที่มีจำนวน 12 ข้อ มีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.6 – 1.0 ค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.39 – 0.78 อำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.21 – 0.25 และค่าความเที่ยง เท่ากับ 0.82

ตอนที่ 2 การพัฒนาโปรแกรมแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนศรีสะเกษวิทยาลัย จำนวน 30 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ โปรแกรมแบบทดสอบวัดความาสมารถในการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

ผลการพัฒนาเครื่องมือวิจัย พบว่า ได้แบบทดสอบที่มีจำนวน 2 สถานการณ์ รวม 6 ข้อ มีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 ค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.43 – 0.78 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20 – 0.37 และมีค่าความเที่ยง เท่ากับ 0.736

ตอนที่ 3 การศึกษาผลการใช้โปรแกรมสานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ ที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนศรีสะเกษวิทยาลัย จำนวน 40 คน ที่ได้จากการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม และใช้ชั้นเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบทดสอบแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โปรแกรมแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ และโปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ระยะที่ 4 การนำเสนอโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 คน ประกอบด้วย ผู้ทรงคุณวุฒด้านเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา จำนวน 3 คน และ ผู้ทรงคุณวุฒิด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาจำนวน 2 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบประเมินและรับรองโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

ระยะที่ 5 การนำเสนอรูปแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 คน ประกอบด้วย ผู้ทรงคุณวุฒด้านเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา จำนวน 3 คน และ ผู้ทรงคุณวุฒิด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาจำนวน 2 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบประเมินและรับรองรูปแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

สรุปผลการวิจัย

สรุปผลการวิจัยแบ่งออกเป็น 5 ตอน ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการศึกษาสภาพ ปัญหา ความต้องการในการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น สามารถสรุปเป็น 7 ประเด็น ได้แก่

1. สภาพทั่วไปของหลักสูตรสถานศึกษาในการส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์

จากการวิเคราะห์ดัชนีความต้องการจำเป็นพบว่าครูผู้สอนรายวิชาวิทยาศาสตร์มีความเห็นว่าสื่อการเรียนการสอนที่ใช้ในปัจจุบันไม่สามารถพัฒนาผู้เรียนให้สามารถสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์โดยใช้คอมพิวเตอร์ได้เท่าที่ควรจะเป็นมากที่สุด รองลงมามีความคิดเห็นว่าหลักสูตรสถานศึกษาฯ รายวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ไม่สามารถช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้คอมพิวเตอร์ได้เท่าที่ควร และมีความเห็นว่ากิจกรรมการเรียนรู้ที่ครูใช้อยู่ ไม่สามารถส่งเสริมผู้เรียนให้สามารถสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์โดยใช้คอมพิวเตอร์ได้เท่าที่ควร

2. ความต้องการจำเป็นสำหรับการออกแบบและพัฒนาการเรียนการสอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์

จากการวิเคราะห์ดัชนีความต้องการจำเป็นพบว่าครูผู้สอนรายวิชาวิทยาศาสตร์มีความเห็นว่าไม่ได้วิเคราะห์กลยุทธ์การสอนเท่าที่ควรจะทำมากที่สุด รองลงมามีความคิดเห็นว่าไม่ได้วิเคราะห์พฤติกรรมตั้งต้นของผู้เรียน เช่น ความรู้เดิม ลักษณะของผู้เรียน รูปแบบการเรียนรู้และแรงจูงใจเดิม เท่าที่ควรจะทำ และไม่ได้วิเคราะห์บทบาทของผู้สอนเท่าที่ควรจะทำ

3. ความต้องการจำเป็นสำหรับการใช้ความจริงเสมือนเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน

จากการวิเคราะห์ดัชนีความต้องการจำเป็นพบว่าครูผู้สอนรายวิชาวิทยาศาสตร์มีความเห็นว่าเทคโนโลยีความจริงเสมือนที่มีอยู่ไม่สามารถช่วยแก้จะช่วยปัญหาการจัดกิจกรรมเสริมหลักสูตรเพื่อพัฒนาทักษะวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้เท่าที่ควรมากที่สุด รองลงมามีความคิดเห็นว่าเทคโนโลยีความจริงเสมือนไม่ได้เป็นเทคโนโลยีที่เหมาะกับการเรียนการสอนในยุคปัจจุบันเท่าที่ควร และมีความเห็นว่าเทคโนโลยีความจริงเสมือนที่มีอยู่ในปัจจุบันไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับระบบและผู้เรียนกับผู้เรียนเท่าที่ควร

4. ความต้องการจำเป็นสำหรับการใช้สถานการณ์จำลองในการพัฒนาการเรียนการสอน

จากการวิเคราะห์ดัชนีความต้องการจำเป็นพบว่าครูผู้สอนรายวิชาวิทยาศาสตร์มีความคิดเห็นว่าโปรแกรมสถานการณ์จำลองในปัจจุบันไม่ได้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนทำความเข้าใจปฏิสัมพันธ์ของตัวแปรเชิงพหุในปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ เช่น การแสดงอิทธิพลของตัวแปรอิสระที่มีแต่การเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตาม เท่าที่ควร รองลงมามีความเห็นว่าโปรแกรมสถานการณ์จำลองในปัจจุบันไม่มีการแสดงข้อมูลย้อนกลับให้กับผู้เรียนอย่างทันท่วงทีเท่าที่ควร และมีความเห็นว่าโปรแกรมสถานการณ์จำลองในปัจจุบันไม่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนระบุพฤติกรรมของแบบจำลองย่อย ๆ ในปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ เช่น เมื่อปล่อยวัตถุ A ไปชนวัตถุ B วัตถุทั้งสองจะแสดงปรากฏการณ์การดลได้อย่างแม่นยำ เท่าที่ควร

5. ความต้องการจำเป็นสำหรับการสอนเพื่อพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

จากการวิเคราะห์ดัชนีความต้องการจำเป็นพบว่าครูผู้สอนรายวิชาวิทยาศาสตร์มีความคิดเห็นว่าระยะเวลาตามโครงสร้างหลักสูตรสถานศึกษาเพียงไม่เพียงพอที่จะจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้ รองลงมามีความคิดเห็นว่าห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่โรงเรียนมีไม่เพียงพอแล้วที่จะจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้ และมีความคิดเห็นว่าการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นทักษะที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนแต่นักเรียนยังมีไม่มากพอ

6. ความต้องการจำเป็นสำหรับการพัฒนากิจกรรมสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

จากการวิเคราะห์ดัชนีความต้องการจำเป็นพบว่าครูผู้สอนรายวิชาวิทยาศาสตร์มีความคิดเห็นว่าปัจจุบันครูไม่ได้มีการนำกิจกรรมที่มีการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนเท่าที่ควร รองลงมามีความคิดเห็นว่ากิจกรรมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันไม่ได้ช่วยส่งเสริม

ให้ผู้เรียนเข้าใจปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่ซับซ้อนได้ดีเท่าที่ควร และมีความคิดเห็นว่าการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่ซับซ้อน แต่นักเรียนยังมีทักษะนี้ไม่มากพอ

7. ความต้องการจำเป็นสำหรับการพัฒนากิจกรรมที่มีการโต้แย้งเพื่อพัฒนาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

จากการวิเคราะห์ดัชนีความต้องการจำเป็นพบว่าครูผู้สอนรายวิชาวิทยาศาสตร์มีความคิดเห็นว่ากิจกรรมการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ที่ครูใช้อยู่ไม่ได้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนให้ความสำคัญกับหลักฐานหรือประจักษ์พยานของคำถามที่ตั้งขึ้นเท่าที่ควรจะเป็น รองลงมามีความคิดเห็นว่าการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ที่ครูใช้อยู่ไม่ส่งเสริมส่งเสริมการสร้างแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้เท่าที่ควรจะเป็น และการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ที่ครูใช้อยู่ไม่สามารถส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้เท่าที่ควรจะเป็น

8. ความต้องการจำเป็นสำหรับการพัฒนากิจกรรมที่มีการโต้แย้งเพื่อพัฒนาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

จากการวิเคราะห์ดัชนีความต้องการจำเป็นพบว่าครูผู้สอนรายวิชาวิทยาศาสตร์มีความคิดเห็นว่ากิจกรรมการเรียนรู้ที่มีการโต้แย้งที่ครูใช้อยู่เปิดไม่ได้โอกาสให้ผู้เรียนนำเสนอหลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่ได้ให้ข้อมูลไปเท่าที่ควร รองลงมามีความคิดเห็นว่ากิจกรรมการเรียนรู้ที่มีการโต้แย้งที่ครูใช้อยู่ไม่ได้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนให้ข้อมูลหรือชี้ประเด็นสำคัญที่อีกฝ่ายยังไม่ได้กล่าวถึงเท่าที่ควรจะเป็น และมีความคิดเห็นว่ากิจกรรมการเรียนรู้ที่มีการโต้แย้งที่ครูใช้อยู่ไม่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ระบุความขัดแย้งของข้อโต้แย้งเท่าที่ควร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตอนที่ 2 ผลการพัฒนาโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

จากการที่ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ และสังเคราะห์แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความจริงเสมือน สถานการณ์จำลอง การสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ การสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ กลยุทธ์การโต้แย้ง และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ แล้วนำไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินความเหมาะของการใช้โมเดลการออกแบบฯ พบว่า โมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้งที่ผู้วิจัยสังเคราะห์และพัฒนาขึ้น มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด ประกอบด้วย 18 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นระบุเป้าหมายของการเรียนรู้
2. ขั้นวิเคราะห์พฤติกรรมตั้งต้น
3. ขั้นวิเคราะห์กลยุทธ์การสอน
4. ขั้นวิเคราะห์บทบาทผู้สอน
5. ขั้นระบุจุดประสงค์ของการเรียนรู้
6. ขั้นสร้างเนื้อหา
7. ขั้นออกแบบ เนื้อหา สตอรี่บอร์ด/ ไวร์เฟรม
8. ขั้นสร้างแบบทดสอบอิงเกณฑ์
9. ขั้นพัฒนาระบบและกลยุทธ์ในการส่งถ่ายข้อมูล
10. ขั้นพัฒนากลยุทธ์การจัดการของผู้ดูแลระบบ
11. ขั้นสร้างโปรแกรมต้นแบบ
12. ขั้นปรับปรุงโปรแกรมต้นแบบ
13. ขั้นทดลองใช้โปรแกรมต้นแบบ
14. ขั้นใช้โปรแกรมจริง
15. ขั้นติดตามการใช้งาน
16. ขั้นให้ผลย้อนกลับ
17. ขั้นประเมินผลการเรียนรู้
18. ขั้นปรับปรุงสถานการณ์จำลองเสมือนจริง

ตอนที่ 3 ผลการใช้รูปแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

จากการพัฒนาโปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ ตามขั้นตอนของโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ แล้วทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 40 คน ได้ข้อสรุปดังนี้

1. นักเรียนที่เรียนด้วยโปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงมีคะแนนเฉลี่ยการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงขึ้นกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
2. นักเรียนที่เรียนด้วยโปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงมีคะแนนเฉลี่ยการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์สูงขึ้นกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตอนที่ 4 ผลการรับรองโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

จากการวิเคราะห์ผลการประเมินภาพรวมของโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ พบว่า โมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมในระดับดีมาก

ตอนที่ 5 ผลการรับรองรูปแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

จากการวิเคราะห์ผลการประเมินภาพรวมของรูปแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ พบว่า รูปแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมในระดับดีมาก

อภิปรายผลการวิจัย

เพื่ออภิปรายผลการวิจัย ผู้วิจัยได้แบ่งประเด็นการอภิปรายไว้เป็น 4 ประเด็น ดังนี้

1. ลักษณะของโมเดลการออกแบบฯ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น สามารถอภิปรายได้ ดังนี้

1.1 โมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเป็นรูปแบบการออกแบบและพัฒนาแบบเฉพาะ (Specific instructional model) เพราะเป็นโมเดลสำหรับออกแบบและพัฒนาสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ในการออกแบบสื่อการเรียนการสอนทั่วไป ดังเช่น โมเดลการออกแบบการเรียนการสอนทั่วไป เช่น โมเดลการออกแบบของ Smith and Ragan (2004) และ Dick et al. (2015) เนื่องจากเป็นโมเดลเหล่านี้เป็นโมเดลที่มีวัตถุประสงค์ในการออกแบบการเรียนการสอนที่ไม่ได้มุ่งเน้นในการพัฒนาสื่อหรือระบบขึ้นมา แต่เป็นโมเดลการออกแบบการเรียนการสอนที่เน้นการวิเคราะห์และจัดหาสื่อที่เหมาะสมในการเรียนการสอนเท่านั้น อันเห็นได้จากการมีขั้นตอนการคัดเลือกสื่อที่เหมาะสม ส่วนโมเดลการออกแบบฯ ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมานั้นมีความใกล้เคียงกับโมเดลกลุ่มที่เน้นการพัฒนาสื่อ (Product oriented instructional model) ที่มุ่งเน้นให้เกิดสื่อการสอน หรือโปรแกรมที่ใช้ในการเรียนรู้ (Course ware) ใหม่ ๆ อย่างเช่น โมเดลการออกแบบของ Hassan and Ibrahim (2010), Alessi and Trollip (2001) และ Seow et al. (2005) ซึ่งถูกใช้เป็นโมเดลต้นแบบในการสร้างเคราะห์โมเดลในการวิจัยครั้งนี้ โดยจุดเด่นของโมเดลการออกแบบฯ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นนี้ได้สังเคราะห์เอาจุดเด่นของการทั้ง 3 โมเดล มาบูรณาการกัน ดังนี้

1.1.1 การนำเอาขั้นตอนการวิเคราะห์บทบาทของผู้สอนของ Hassan and Ibrahim (2010) มาใช้ทำให้นักพัฒนาจำเป็นต้องทำการศึกษาบทบาทที่เป็นไปได้ของผู้สอนในบทเรียนที่ผู้สอนไม่ได้เป็นผู้บรรยาย หรือจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งจากการทบทวนงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับบทบาทของผู้สอน พบว่า บทบาทของผู้สอนที่มักถูกนำมาใช้ในการเรียนการสอนแบบออนไลน์ที่พบได้บ่อย ได้แก่ ผู้สอน (Instructor) ผู้ชี้แนะ (Encourager) ผู้จัดหาทรัพยากร (Resource provider) เพื่อน (Socio-culture friends) ผู้ติดตาม (Monitor) ผู้ยั่วยุให้เกิดการเรียนรู้ (Learning Blocker) ผู้ประเมิน (Elevator) ตัวแบบ (Model) ผู้สนับสนุน (Promoter) ผู้เรียน (Learner) (Nacu et al., 2016)

1.1.2 โมเดลที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นยังได้นำเอาจุดเด่นของโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองของ Alessi and Trollip (2001) มาผนวกรวมไว้ขั้นตอนสร้างเนื้อหาและออกแบบสตอรี่บอร์ดและไวร์เฟรม ซึ่งในขั้นตอนนี้จะทำให้นักพัฒนาไม่หลงลืมที่จะออกแบบองค์ประกอบทางด้านความรู้ที่ผู้เรียนจะได้รับจากโปรแกรม ออกแบบประสบการณ์ของผู้เรียน รวมถึงออกแบบเป้าหมายของสถานการณ์จำลอง และนอกจากนี้ยังเป็นการเปิดโอกาสให้นักพัฒนาได้ไตร่ตรองว่า จะจูงใจผู้เรียนได้อย่างไร จะสนับสนุนการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างไร จะทำให้เกิดความสมจริงขององค์ประกอบได้อย่างไร ผู้เรียนจะควบคุมสถานการณ์จำลองได้อย่างไร จะเลือกโหมดการส่งสารสนเทศระหว่างเรียนอย่างไร Input และ Output ของสถานการณ์จำลองได้แก่อะไรบ้าง ชนิดของภาพที่ปรากฏว่าจะเป็น 2 มิติ หรือ 3 มิติ การจัดวาง การสื่อสารของผู้ใช้ระหว่างการโต้แย้งหน้าจอ ข้อความภาพที่ใช้ เมนู ปุ่ม เสียง วีดิทัศน์ แอนิเมชัน ปฏิสัมพันธ์ และตัวป้อนกลับ

1.1.3 โมเดลการออกแบบฯ นี้ยังมีการบูรณาการจุดเด่นของโมเดลของ Seow et al. (2005) ที่เปิดโอกาสให้นักพัฒนาได้ศึกษาเครื่องมือช่วยพัฒนา และทบทวนข้อผิดพลาดของโปรแกรมก่อนนำไปใช้จริง ซึ่งจะช่วยให้โปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ ที่พัฒนาขึ้นมีข้อผิดพลาดน้อยที่สุดก่อนนำไปใช้จริง และจากที่ได้กล่าวไปข้างต้นว่าโมเดลฯ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมานั้นมีความเฉพาะ นั่นก็เป็นเพราะมีขั้นตอนการออกแบบที่เฉพาะเจาะจงต่อการสร้างสื่อการเรียนการสอนประเภทสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ ที่เรียนแบบออนไลน์

โดยผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนการออกแบบออกเป็น 18 ขั้นตอน ที่มีการทำงานเชิงระบบที่สามารถตรวจสอบได้ ซึ่งสังเกตได้จากกการมีขั้นตอนของการวิเคราะห์บทบาทของผู้สอนแบบออนไลน์ (Hassan & Ibrahim, 2010) ที่กำหนดให้นักพัฒนาโปรแกรมสถานการณ์จำลองต้องวิเคราะห์ถึงบทบาทของผู้สอนในบริบทออนไลน์ ขั้นตอนการออกแบบสตอรี่บอร์ดและไวร์เฟรม (Alessi & Trollip, 2001; Seow et al., 2005) ที่นักพัฒนาจำเป็นต้องออกแบบส่วนต่าง ๆ ของโปรแกรมสถานการณ์จำลองให้มีความสมจริง และมีคุณสมบัติของการเป็นสิ่งแทนความจริง

ซึ่งสอดคล้องกับ Psycharis (2013) ที่พบว่าผู้เรียนที่เรียนด้วยโปรแกรมสถานการ์จำลองเสมือนจริงมีความเข้าใจเกี่ยวกับมโนทัศน์ การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และระดับของการโต้แย้งเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้ยังพบความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และการโต้แย้ง อีกด้วย ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าโมเดลการออกแบบฯ นี้สามารถทำให้นักพัฒนาที่นำไปใช้สามารถค้นหาเลือกองค์ประกอบของบทเรียนสถานการณ์จำลองเสมือนจริงได้เหมาะสมยิ่งขึ้น

2. องค์ประกอบของความจริงเสมือนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีความร่วมสมัย เหมาะสมกับการเป็นองค์ประกอบของความจริงเสมือนในปัจจุบันในบริบทของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ของโรงเรียนในประเทศไทย

จากการที่ผู้วิจัยได้ทำการสังเคราะห์องค์ประกอบของความจริงเสมือน พบว่าองค์ประกอบของความจริงเสมือนควรจะต้องประกอบไปด้วย 5 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ปฏิสัมพันธ์ของผู้เรียน (Ai-Lim Lee et al., 2010; Burdea & Coiffet, 2003; Merchant et al., 2012; Sherman & Craig, 2003; สุภาภรณ์ ศรีดี, 2546) ที่โปรแกรมสถานการณ์จำลองควรจะต้องจัดให้ผู้เรียนได้สามารถกำหนดสิ่งต่าง ๆ ในโลกเสมือนได้ด้วยตัวเอง 2) การจดจ่อของผู้ใช้ (Burdea & Coiffet, 2003; Sherman & Craig, 2003; สุภาภรณ์ ศรีดี, 2546) ที่จะต้องสามารถกระตุ้นผู้เรียนทางทั้งทางตา หู และการสัมผัส 3) การรู้สึกได้ว่ามีอยู่ (Burdea & Coiffet, 2003) ซึ่งนักพัฒนาจะต้องสร้างโปรแกรมที่สร้างความรู้สึกถึงการเข้าไปอยู่ในสภาพแวดล้อมนั้นให้มากที่สุด และ 5) ความแม่นยำในการเป็นสิ่งแทนความจริง (Ai-Lim Lee et al., 2010; Burdea & Coiffet, 2003; Merchant et al., 2012; Sherman & Craig, 2003) สาเหตุที่ผู้วิจัยกล่าวว่า องค์ประกอบของความจริงเสมือนที่มีความร่วมสมัย นั้นเนื่องจากมีการสังเคราะห์จากวรรณกรรมที่หลากหลายช่วงเวลาอันจะเห็นได้ว่าความจริงเสมือนยุคเก่านั้นให้ความสนใจกับการพิจารณาอุปกรณ์นำเข้าและส่งออกข้อมูลที่หลากหลาย (Burdea & Coiffet, 2003) ซึ่งองค์ประกอบปัจจุบันของผู้วิจัยพิจารณาเพียงอุปกรณ์นำเข้าเพียง 2 อย่าง ได้แก่ เมาส์ และคีย์บอร์ด ทั้งนี้เพื่อให้สามารถนำไปออกแบบสถานการณ์จำลองที่เหมาะสมกับบริบทของโรงเรียนในประเทศไทยที่ขาดแคลนอุปกรณ์นำเข้าและส่งออกที่หลากหลายลดความเหลื่อมล้ำทางการศึกษาได้ นอกจากนี้องค์ประกอบปฏิสัมพันธ์ของผู้เรียนในองค์ประกอบปัจจุบันยังมีการนำเอาจุดเด่นแนวคิดสมัยใหม่ ๆ ของ Merchant et al. (2012) มาใช้เป็นองค์ประกอบที่ได้กล่าวถึงความสามารถของความจริงเสมือนในแง่ของการสร้างปฏิสัมพันธ์ 360 องศา ซึ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนได้สืบสอบโลกเสมือนได้ใกล้เคียงความจริงมากยิ่งขึ้น

3. องค์ประกอบของสถานการณ์จำลองที่ผู้วิจัยสังเคราะห์ขึ้นมีความเหมาะสมต่อการนำไปกำหนดองค์ประกอบของสถานการณ์จำลองทางวิทยาศาสตร์

จากการที่ผู้วิจัยได้ทำการสังเคราะห์องค์ประกอบของสถานการณ์จำลอง พบว่าองค์ประกอบของสถานการณ์จำลองเสมือนจริง ควรจะประกอบไปด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ปฏิสัมพันธ์ (Aldrich, 2009; Foronda et al., 2013) ที่โปรแกรมสถานการณ์จำลองจะต้องสามารถแสดงผลของการกระทำให้เห็นได้แบบเวลาจริง 2) การให้ข้อมูลย้อนกลับและผลลัพธ์ (Aldrich, 2009; Liu et al., 2012) ที่โปรแกรมโปรแกรมสถานการณ์จำลองจะต้องมีความสามารถในการให้ผลลัพธ์ของการดำเนินการแก่ผู้เรียนได้อย่างเหมาะสมด้วยกราฟ หรือตาราง 3) ระบบ (Aldrich, 2009; Clough et al., 2013; Foronda et al., 2013; Landriscina, 2013; Liu et al., 2012) ที่โปรแกรมสถานการณ์จำลองจะต้องสามารถจำลองระบบของสภาพแวดล้อมได้อย่างสมจริงและสามารถแสดงปฏิกิริยาต่อแบบจำลองย่อยต่างๆ ในระบบได้ และ 4) แบบจำลอง (Clough et al., 2013; Foronda et al., 2013; Landriscina, 2013) ที่โปรแกรมสถานการณ์จำลองจะต้องมีการนำเสนอให้ผู้เรียนเห็นถึงแบบจำลองย่อย ๆ ในระบบได้ สาเหตุที่ผู้วิจัยกล่าวว่ามีความเหมาะสมที่จะนำไปกำหนดเป็นคุณลักษณะของสถานการณ์จำลองทางวิทยาศาสตร์ เพราะว่า ในการเรียนในสถานการณ์จำลองทางวิทยาศาสตร์สิ่งสำคัญที่สุดคือการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบเวลาจริง เนื่องจากเป็นสิ่งที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรในองค์ประกอบของปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับ Liu et al. (2012) ที่นำเสนอว่าสถานการณ์จำลองควรมีสิ่งแทนความจริงเชิงพหุที่มีการเชื่อมโยงอย่างเป็นพลวัต (Dynamic Linked Multiple Representation หรือ DLMR) ซึ่งเครื่องมือนี้จะช่วยนำเสนอสิ่งแทนความจริงที่หลากหลายได้มากมาย เช่น กราฟ และแผนภาพ และยังเปิดโอกาสให้ผู้เรียนสังเกตการเปลี่ยนแปลงของส่งที่เป็นผลจากการจัดการกับค่าต่าง ๆ

เทคโนโลยีความจริงเสมือน และเทคโนโลยีสถานการณ์จำลองต่างมีจุดเด่นที่สามารถช่วยเติมเต็มซึ่งกันและกันได้ ในแง่ของความเหมือนความเป็นจริงของเทคโนโลยีความจริงเสมือนจะช่วยให้สถานการณ์จำลองสามารถแสดงพฤติกรรมเชิงฟิสิกส์ของวัตถุได้อย่างสมจริง ผู้เรียนสามารถสืบสอบปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้โดยไม่จำเป็นต้องจินตนาการ ผนวกกับจุดเด่นของสถานการณ์จำลองที่ต้องมีการให้ผลย้อนกลับในรูปแบบกราฟ ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถทำความเข้าใจปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่มีความสัมพันธ์ของตัวแปรกันแบบเชิงพหุได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. รูปแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นในวงกว้าง

จากการที่ผู้วิจัยศึกษาผลการใช้รูปแบบของสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ พบว่าสามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงขึ้นได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีคะแนนเพิ่มขึ้นจาก ร้อยละ 72.62 เป็นร้อยละ 77.5 ของคะแนนเต็ม สอดคล้องกับ Sun et al. (2013) ที่ค้นพบว่าการสอนผ่านความจริงเสมือนจะช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนและลดความผิดพลาดของการปฏิบัติได้ ทั้งนี้เป็นเพราะผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาโปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ อย่างระมัดระวังตามแนวคิดของ Sun et al. (2013) ที่ได้นำเสนอข้อค้นพบที่น่าสนใจว่า ความล่าช้าของปฏิสัมพันธ์ของความจริงเสมือนอาจส่งผลต่อการปฏิเสธการเรียนรู้จากโปรแกรมความจริงเสมือนได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้พัฒนากลยุทธ์ในการรับส่งข้อมูลแบบ API (Application Programing Interface) และรับส่งข้อมูลในลักษณะของ JSON ไฟล์ เพื่อลดทอนความล่าช้าในการอัพโหลดและดาวน์โหลดข้อมูลระหว่างเครื่องผู้เรียนกับเซิร์ฟเวอร์ ทำให้ผู้เรียนพึงพอใจในการเรียนโดยใช้โปรแกรมสถานการณ์จำลองฯ และสามารถเรียนจนครบทุกโมดูลได้ และยังสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Kühnapfel et al. (2000) ที่พบว่าความเป็นจริง (Reality) ของสถานการณ์จำลองเป็นคุณลักษณะที่สำคัญที่ทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะการปฏิบัติที่ดีขึ้นได้ พิจารณาได้จากผลการศึกษาครั้งนี้ที่พบว่าความสามารถด้านการควบคุมและออกแบบการทดลองของผู้เรียนสูงขึ้นซึ่งเป็นหลักฐานที่แสดงให้เห็นว่าความสมจริงของสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ ช่วยส่งเสริมทักษะที่เกี่ยวเนื่องกับการปฏิบัติอย่าง เช่น การออกแบบการทดลองได้โดยตรง นอกจากยังผลการวิจัยในครั้งนี้ยังสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Lazonder et al. (2010) ที่พบว่า ภาระเชิงสืบสอบที่ใช้สถานการณ์จำลองเป็นฐานสามารถส่งเสริมพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มที่มีความรู้เดิมน้อยได้ และยังค้นพบว่าผู้เรียนจะใช้สารสนเทศก็ต่อเมื่อต้องการเท่านั้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการพัฒนาวิธีการให้สารสนเทศช่วยเหลือในลักษณะที่ไม่บังคับให้ศึกษาก่อนลงมือสืบสอบแต่ให้เรียกใช้ผ่านปุ่มเมื่อต้องการเท่านั้น จึงทำให้รูปแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นสามารถส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้เป็นอย่างดีโดยเฉพาะอย่างยิ่งความสามารถด้านการใช้องค์ความรู้ที่เกี่ยวกับความจริงที่ผู้เรียนจำเป็นต้องให้เหตุผลว่าเพราะเหตุใดจึงต้องดำเนินการเช่นนั้น การที่ฝึกให้ผู้เรียนเรียกใช้ข้อมูลเมื่อจำเป็นจึงเป็นการส่งเสริมนิสัยของการคิดในลักษณะนี้ได้

สาเหตุที่ผู้วิจัยกล่าวอ้างว่ารูปแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ นี้สามารถนำไปใช้ในวงกว้างได้นั้นเป็นเพราะในการวิจัยครั้งนี้กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาได้มาจากการสุ่มแบบหลายขั้นตอนซึ่งทำให้ได้กลุ่มตัวอย่างที่สามารถเป็นตัวแทนของประชากรขนาดใหญ่ได้ แต่ถึงแม้ว่าจะมีข้อดี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ในแง่ของการสรุปอ้างอิงแต่ก็ยังมีข้อจำกัดของการสุ่มตัวอย่างด้วยวิธีนี้ซึ่งสังเกตได้จากคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนไม่ไม่ต่างกันนัก ผู้วิจัยจึงได้ทำการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมจึงทราบว่ากลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนที่เรียนแผนการเรียนที่มุ่งเน้นวิทยาศาสตร์เป็นพิเศษจึงเป็นกลุ่มที่มีผลการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ค่อนข้างดีอยู่แล้ว แต่ทั้งนี้ผลการวิจัยก็ยังคงแสดงให้เห็นว่ารูปแบบสานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสามารถส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ฯ ของผู้เรียนในกลุ่มเรียนดีได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะความสามารถด้านการควบคุมและออกแบบการทดลอง และความสามารถด้านการใช้องค์ความรู้ที่เกี่ยวกับความจริง

5. รูปแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นสามารถพัฒนาการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ผ่านการพัฒนาความสามารถด้านการทดสอบแบบจำลอง และสามารถนำไปสู่การพัฒนากำลังคนด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมได้

จากการที่ผู้วิจัยศึกษาผลการใช้รูปแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ พบว่า ผู้เรียนมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์สูงขึ้นจากร้อยละ 74.67 เป็น 80.83 แสดงให้เห็นว่ารูปแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ นั้นสามารถเพิ่มความสามารถในการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ของผู้เรียนกลุ่มมีผลการเรียนดี (พิจารณาจากคะแนนก่อนเรียนที่สูงกว่าร้อยละ 70) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Psycharis (2013) ที่พบว่าการใช้บทเรียนสถานการณ์จำลองสามารถพัฒนาความเข้าใจในมโนมติวิทยาศาสตร์ได้ โดยในงานวิจัยนี้พบผลที่สอดคล้องกันคือผู้เรียนมีความสามารถด้านการทดสอบโมเดลสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเป็นความสามารถที่ผู้เรียนจำเป็นต้องมีความเข้าใจในมโนมติเบื้องต้นทางวิทยาศาสตร์ และบทเรียนสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นนั้นสามารถแสดงให้ผู้เรียนเห็นถึงความสัมพันธ์เชิงพหุของตัวแปรในปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ในโมดูลนักพิสูจน์ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Acar (2014) ที่พบว่า สภาพแวดล้อมทางการเรียนรู้แบบสืบสอบโดยใช้การโต้แย้งเป็นฐานสามารถพัฒนามโนมติของผู้เรียนให้สูงขึ้นได้ หรืออาจกล่าวได้ว่ารูปแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นสามารถส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ผ่านการพัฒนาความสามารถด้านการทดสอบแบบจำลอง ซึ่งต้องอาศัยองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการทดสอบนั่นเอง

American Association of Physics Teachers (2019) กล่าวว่า ในหลายๆ โรงเรียนในประเทศสหรัฐอเมริกากำลังขับเคลื่อนมาตรฐานทางด้านวิทยาศาสตร์ในยุคถัดไป (The Next Generation Science Standards) ซึ่งต้องการให้ผู้เรียนสร้าง ปรับปรุง และใช้โมเดลทางวิทยาศาสตร์ มากขึ้น ซึ่งเป็นการปฏิบัติที่จำเป็นของนักวิทยาศาสตร์และวิศวกรในอนาคต ดังนั้นผลการวิจัยในครั้งนี้บอกเป็นนัยว่ารูปแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นสามารถ

ส่งเสริมและพัฒนากำลังคนทางด้านวิทยาศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์ ได้อย่างมีประสิทธิภาพในอนาคตอันใกล้

ข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการนำเสนอโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และการนำเสนอรูปแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยนำเสนอประเด็นเสนอแนะดังนี้

1. ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้ประโยชน์ ดังนี้

1.1 ศึกษาผลการใช้โมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ กับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักพัฒนาจำนวนมากขึ้น เพื่อให้ทราบถึงความเป็นไปได้ของการใช้โมเดลการออกแบบฯ เชิงนโยบาย หรือ ในเชิงธุรกิจ

1.2 ศึกษาผลการใช้สถานการณ์จำลองเสมือนจริงในระดับที่ใหญ่ขึ้น เช่น การศึกษากับกลุ่มประชากรในระดับประเทศ เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการขับเคลื่อนในระดับนโยบายของกระทรวงศึกษาธิการในเรื่องการยกระดับผลการประเมินการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางของ PISA โดยใช้เทคโนโลยีสถานการณ์จำลองเสมือนจริง

1.3 โมเดลการออกแบบความจริงเสมือนฯ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเป็นโมเดลที่เมื่อจะนำไปใช้ ผู้ใช้จำเป็นต้องมีพื้นฐานการเขียนโปรแกรมเบื้องต้น ในภาษา C#, PHP, HTML, CSS และ Java Script เนื่องจากจำเป็นต้องเขียนสคลิปกำหนดเงื่อนไขการทำงานของโปแกรมให้เป็นไปตามขั้นตอนการเรียนรู้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.4 เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ระหว่างพัฒนาโปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ ควรมีคุณสมบัติ ดังนี้

1.4.1 CPU ความเร็วไม่ต่ำกว่า 3.6 GHz ขึ้นไป และประมวลผลด้วย 4 แกน

1.4.2 RAM ไม่ต่ำกว่า 8 GB

1.4.3 Hard Disk ควรเป็นแบบ SSD และ มีความจุไม่ต่ำกว่า 500 GB

1.4.4 GPU ควรมี RAM ไม่ต่ำกว่า 2 GB

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในครั้งต่อไป ควรมีประเด็นการวิจัยใหม่ ดังนี้

2.1 สังเคราะห์โมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ต่างออกไป ทั้งในด้านองค์ประกอบที่ใช้ หรือขั้นตอนของการออกแบบ ทั้งนี้เพื่อให้เหมาะสมต่อผู้ใช้โมเดลที่จะมีเพิ่มมากยิ่งขึ้นในโลกที่การเรียนรู้แบบออนไลน์กำลังเติบโตอย่างก้าวกระโดด

2.2 สร้างรูปแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่สามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อเสริมสร้างทักษะอื่น ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น สถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่พัฒนาความเข้าใจในแนวคิดวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ หรือสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ใช้พัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของผู้เรียนเป็นต้น

2.3 สร้างรูปแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ประยุกต์ใช้กลยุทธ์ทางการเรียนรู้แบบอื่น ๆ เพื่อพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เช่น การให้เหตุผลเชิงสมมติฐาน หรือการจัดการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบ เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

กมลวรรณ กันยาประสิทธิ์. (2558). *5 คุณลักษณะสำคัญของการสืบเสาะหาความรู้ (5 Essential Features of Inquiry).* สืบค้นจาก http://sciedcenter.swu.ac.th/Portals/25/Documents/News/5%20Essential%20features%20of%20inquiry_Kamonwan.pdf?timestamp=143444000

กระทรวงศึกษาธิการ. (2559, 14 มีนาคม 2559). *Echo English : แอพพลิเคชั่นเพื่อการเรียนรู้ภาษาอังกฤษของคนไทยทุกคน.*

เกรียงไกร ยิ้มดี. (2548). *ผลของการเรียนการสอนชีววิทยาโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบตั้งสมมติฐานนิรนัยที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย.* (ครุศาสตรมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2556). *ผลการประเมิน* PISA 2012 *คณิตศาสตร์ การอ่าน และวิทยาศาสตร์ บทสรุปสำหรับผู้บริหาร.* สมุทรปราการ: บริษัท แอดวานซ์ พริ้นติ้ง เซอร์วิส จำกัด.

จิรชัย เขียวชอุ่ม. (2555). *ความต้องการแบบจำลองสามมิติความจริงเสมือนโบราณสถานของประชาชนในกรุงเทพมหานคร.* (ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยรามคำแหง, กรุงเทพฯ.

จุฬาลักษณ์ ยิ้มดี. (2556). *ผลของการเรียนการสอนโดยใช้ขั้นการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้นที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย.* (ครุศาสตรมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,

ฐาปนี สีเฉลียว. (2553). *การนำเสนอรูปแบบการออกแบบและพัฒนาการเรียนการสอนตามหลักการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ทางวิศวกรรมศาสตร์เพื่อพัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์ของนิสิตนักศึกษาสาขาวิศวกรรมศาสตร์ระดับปริญญาบัณฑิต.* (ครุศาสตร์ดุษฎีบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,

ดวงธิดา รักษาแก้ว. (2552). *ผลของปฏิสัมพันธ์ทางการเรียนออนไลน์ในสถานการณ์จำลองที่มีต่อทักษะการสื่อสารระหว่างบุคคลของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่* 5. (วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ดารารัตน์ นกขุนทอง. (2546). *ผลการใช้ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์เรื่องชีวิตกับสิ่งแวดล้อม ตามแนวคิดวงจรการเรียนรู้ที่มีต่อความเข้าใจมโนทัศน์ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา.* (ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต),

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.

ทิศนา แขมมณี. (2551). *ศาสตร์การสอน : องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประคอง กรรณสูต. (2542). *สถิติเพื่อการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พงศ์พรหม พรเพิ่มพูน. (2556). *ผลของการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสถานการณ์จำลองสองบทบาทที่มีต่อมโนทัศน์เรื่องการรักษาดุลยภาพของร่างกายและความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย.* (ครุศาสตรมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

พิศิษฐ ตัณฑวณิช และ พนา จินดาศร. (2561). *ความหมายที่แท้จริงของค่า IOC.* วารสารการวัดผลการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, *24*(2), 3-12.

ล้วน สายยศ. (2540). *สถิติวิทยาทางการวิจัย.* กรุงเทพฯ: สุวีริยาส์น.

วรรณี แกมเกตุ. (2555). *วิธีวิทยาการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิทยา ธรรมาวุฒิกุล. (2546). *โปรแกรมจำลองแขนกลแบบอิงความจริงเสมือน.* (วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). *เปิดอบรมหลักสูตร การวัดผลประเมินผลตามแนวทาง PISA.* สืบค้นจาก https://learningspace.ipst.ac.th/news-announcement/item/44-pisa-300617.html

สันติชัย อนุวรชัย. (2553). *ผลของการเรียนการสอนชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย.* (ครุศาสตรมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาบุรีรัมย์ เขต 1. (2561). *การอบรมเชิงปฏิบัติการ PISA.* Retrieved from http://brm1.go.th/?p=6383

สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาลำพูน เขต 1. (2562). *การอบรมหลักสูตรเทคนิคและแนวทางการสร้างข้อสอบแนว PISA.* สืบค้นจาก http://www.lpn1.obec.go.th/super/index.php/2019/05/01/pisalp1_2562/

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ. (2560a). *แผนการศึกษาแห่งชาติ.*

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ. (2560b). *แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560-*

2579. กรุงเทพฯ: สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา.

สำเร็จ นางสีคุณ. (2557). *การใช้กลยุทธ์การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการให้เหตุผลแบบนิรนัยเชิงสมมติฐาน ผ่านสื่อการเรียนรู้ดิจิตอล เรื่องพันธุกรรม เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ชั้นปีที่ 3.* มหาวิทยาลัยขอนแก่น,

สิทธิศักดิ์ จินดาวงศ์. (2555). *ผลของกิจกรรมที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ต่อตัวแทนความคิดเรื่องปรากฏการณ์ดาราศาสตร์พื้นฐาน*. (ปริญญาดุษฎีบัณฑิต), มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

สุภาภรณ์ ศรีดี. (2546). *การศึกษาแบบใหม่ในโลกแห่งความจริงเสมือน.* วารสารสุโขทัยธรรมาธิราช*, 16*(1), 47-54.

สุวิมล ว่องวาณิช. (2554). *แนวทางการให้คำปรึกษาวิทยานิพนธ์.* กรุงเทพฯ: ศูนย์ตำราและเอกสารทางวิชาการ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อรุณรัตน์ โยธินวัฒนบำรุง และคณะ. (2557). *พัฒนาการสอนโดยใช้ Simulation Based Learning (SBL).* สืบค้นจาก http://61.19.73.142/km/?p=1053

อัญชนา กลิ่นเทียน. (2553). *ผลของการมอบหมายบทบาทในการเรียนแบบแก้ปัญหาด้วยสถานการณ์จำลองบนเว็บที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีระดับเชาน์ปัญญาด้านตรรกะทางคณิตศาสตร์ต่างกัน.* (วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ภาษาอังกฤษ

Abi-El-Mona, I., & Abd-El-Khalick, F. (2011). Perceptions of the nature and 'goodness' of argument among college students, science teachers, and scientists. *International Journal of Science Education, 33*(4), 573-605.

Acar, Ö. (2014). Scientific reasoning, conceptual knowledge, & achievement differences between prospective science teachers having a consistent misconception and those having a scientific conception in an argumentation-based guided inquiry course. *Learning and Individual Differences, 30*, 148-154. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.lindif.2013.12.002

Ai-Lim Lee, E., Wong, K. W., & Fung, C. C. (2010). How does desktop virtual reality enhance learning outcomes? A structural equation modeling approach. *Computers & Education, 55*(4), 1424-1442. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2010.06.006

Aldrich, C. (2009). *Learning Online with Games, Simulations, and Virtual Worlds: Strategies for Online Instruction*: Wiley.

Aless, S. M. (2000). In H. F. O'Neil, D. H. Andrews, & H. F. O'Neil (Eds.), *Aircrew Training and Assessment*: CRC Press.

Alessi, S. M., & Trollip, S. R. (2001). *Multimedia for learning: methods and development*: Allyn & Bacon, Incorporated.

American Association of Physics Teachers. (2019). Why Computational Modeling in Physics? Retrieved from American Association of Physics Teachers - AAPT.org website: https://www.aapt.org/K12/upload/Why-CM-in-Physics.pdf

Amgoud, L., & Kaci, S. (2007). An argumentation framework for merging conflicting knowledge bases. *International Journal of Approximate Reasoning, 45*(2), 321-340.

Anderson, R. C., Nguyen-Jahiel, K., McNurlen, B., Archodidou, A., Kim, S.-y., Reznitskaya, A., and Gilbert, L. (2001). The Snowball Phenomenon: Spread of Ways of Talking and Ways of Thinking across Groups of Children. *Cognition and Instruction, 19*(1), 1-46.

Ausburn, L. J., & Ausburn, F. B. (2014). Technical Perspectives on Theory in Screen-Based Virtual Reality Environments: Leading From the Future in VHRD. *Advances in Developing Human Resources*. doi:10.1177/1523422314532125

Bolduc, J.-S. (2014). Narrow and broad styles of scientific reasoning: A reply to O. Bueno. *Studies in History and Philosophy of Science Part A, 47*, 104-110.

Botvinick, M. M., & Cohen, J. D. (2014). The Computational and Neural Basis of Cognitive Control: Charted Territory and New Frontiers. *Cognitive Science, 38*(6), 1249-1285. doi:10.1111/cogs.12126

Brinson, J. R. (2015). Learning outcome achievement in non-traditional (virtual and remote) versus traditional (hands-on) laboratories: A review of the empirical research. *Computers & Education, 87*, 218-237. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2015.07.003

Burdea, G. C., & Coiffet, P. (2003). *Virtual Reality Technology*: Wiley.

Clough, M. P., Olson, J. K., & Niederhauser, D. S. (2013). *The Nature of Technology:*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Implications for Learning and Teaching: SensePublishers.

Compton, D. A., & Compton, C. M. (2016). Progression of Cohort Learning Style During an Intensive Education Program. *Adult Learning, 28*(1), 27-34. doi:10.1177/1045159516634044

De La Paz, S., Ferretti, R., Wissinger, D., Yee, L., & MacArthur, C. (2012). Adolescents' disciplinary use of evidence, argumentative strategies, and organizational structure in writing about historical controversies. *Written Communication, 29*(4), 412-454.

Dennis, C. W., Dorsey, J. A., & Gitlow, L. (2015). A call for sustainable practice in occupational therapy: Un appel à la pratique durable en ergothérapie. *Canadian Journal of Occupational Therapy*. doi:10.1177/0008417414566925

Deutsch, E. S., Dong, Y., Halamek, L. P., Rosen, M. A., Taekman, J. M., & Rice, J. (2016). Leveraging Health Care Simulation Technology for Human Factors Research: Closing the Gap Between Lab and Bedside. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*. doi:10.1177/0018720816650781

Dick, W., Carey, L., & Carey, J. O. (2015). *The Systematic Design of Instruction*: Vital Source (for Pearson) VST E+p.

Dodd, B. J., & Antonenko, P. D. (2012). Use of signaling to integrate desktop virtual reality and online learning management systems. *Computers & Education, 59*(4), 1099-1108. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2012.05.016

Fanning, R. M., & Gaba, D. M. (2007). The role of debriefing in simulation-based learning. *Simulation in healthcare, 2*(2), 115-125.

Farhan, W., Razmak, J., Demers, S., & Laflamme, S. (2019). E-learning systems versus instructional communication tools: Developing and testing a new e-learning user interface from the perspectives of teachers and students. *Technology in Society, 59*, 101192.

Feist, G. J. (2011). Psychology of Science as a New Subdiscipline in Psychology. *Current Directions in Psychological Science, 20*(5), 330-334. doi:10.1177/0963721411418471

Foronda, C., Liu, S., & Bauman, E. B. (2013). Evaluation of Simulation in Undergraduate

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Nurse Education: An Integrative Review. *Clinical Simulation in Nursing, 9*(10), e409-e416. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.ecns.2012.11.003

Freund, P. A., & Holling, H. (2008). Creativity in the classroom: A multilevel analysis investigating the impact of creativity and reasoning ability on GPA. *Creativity Research Journal, 20*(3), 309-318.

Friedler, Y., Nachmias, R., & Linn, M. C. (1990). Learning scientific reasoning skills in microcomputer-based laboratories. *Journal of Research in Science Teaching, 27*(2), 173-192. doi:10.1002/tea.3660270208

Furht, B. (2008). *Encyclopedia of Multimedia*: Springer.

Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H., & Briggs, D. C. (2012). Experimental and Quasi-Experimental Studies of Inquiry-Based Science Teaching: A Meta-Analysis. *Review of Educational Research, 82*(3), 300-329. doi:10.3102/0034654312457206

Gibbon, A., McConkie, M., Seo, K. K., & Wiley, D. (2009). Theories for Different Approaches to Instruction. In C. M. Reigeluth & A. A. Carr-Chellman (Eds.), *Instructional-Design Theories and Models, Volume III: Building a Common Knowledge Base*: Taylor & Francis.

Gillies, R. M., Nichols, K., Burgh, G., & Haynes, M. (2014). Primary students' scientific reasoning and discourse during cooperative inquiry-based science activities. *International Journal of Educational Research, 63*(0), 127-140. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.ijer.2013.01.001

Grigg, J., Kelly, K. A., Gamoran, A., & Borman, G. D. (2013). Effects of Two Scientific Inquiry Professional Development Interventions on Teaching Practice. *Educational Evaluation and Policy Analysis, 35*(1), 38-56. doi:10.3102/0162373712461851

Grosser, S. N. (2014). Model-Based Learning with System Dynamics. In N. M. Seel (Ed.), *Encyclopedia of the Sciences of Learning*: Springer US.

Grover, S., & Pea, R. (2013). Computational thinking in K–12: A review of the state of the field. *Educational researcher, 42*(1), 38-43.

Gruber, D., & Dickerson, J. A. (2012). Persuasive images in popular science: Testing

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

judgments of scientific reasoning and credibility. *Public Understanding of Science, 21*(8), 938-948. doi:10.1177/0963662512454072

Guetzkow, H. S., Kotler, P., & Schultz, R. L. (1972). *Simulation in social and administrative science: overviews and case-examples*: Prentice-Hall.

Hansen, J. A., Barnett, M., MaKinster, J. G., & Keating, T. (2004). The impact of three-dimensional computational modeling on student understanding of astronomy concepts: a qualitative analysis. *International Journal of Science Education, 26*(13), 1555-1575. doi:10.1080/09500690420001673766

Hassan, A. E., & Ibrahim, M. E. (2010). Designing quality e-learning environments for higher education. *Educational Research, 1*(6), 186-197.

Henderson, J. B., MacPherson, A., Osborne, J., & Wild, A. (2015). Beyond Construction: Five arguments for the role and value of critique in learning science. *International Journal of Science Education, 37*(10), 1668-1697. doi:10.1080/09500693.2015.1043598

Hershkovitz, A., de Baker, R. S. J., Gobert, J., Wixon, M., & Pedro, M. S. (2013). Discovery with models: A case study on carelessness in computer-based science inquiry. *American Behavioral Scientist, 57*(10), 1480-1499.

Hoban, G., & Nielsen, W. (2014). Creating a narrated stop-motion animation to explain science: The affordances of "Slowmation" for generating discussion. *Teaching and Teacher Education, 42*, 68-78.

Hodson, D. (2014). Learning science, learning about science, doing science: Different goals demand different learning methods. *International Journal of Science Education, 36*(15), 2534-2553.

Holloway, K. J. (2015). Normalizing Complaint: Scientists and the Challenge of Commercialization. *Science, Technology & Human Values, 40*(5), 744-765. doi:10.1177/0162243915576004

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*: Open Court.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Hu, X., Hu, J., Sekhari, A., Peng, Y., & Cao, Z. (2011). A fuzzy knowledge fusion framework for terms conflict resolution in concurrent engineering. *Concurrent engineering, 19*(1), 71-84.

Jensen, J. L., & Lawson, A. (2011). Effects of collaborative group composition and inquiry instruction on reasoning gains and achievement in undergraduate biology. *CBE Life Sci Educ, 10*(1), 64-73. doi:10.1187/cbe.10-07-0089

Jong, T. D., Tait, K., & Joolinhen, W. R. V. (1992). Authoring for intelligent simulation based instruction: model based approach. In *Learning Technology in the European Communication* (pp. 619-635). Natherlands: Kluwer Academic Publishers.

Kempert, S., & Hardy, I. (2014). Children's scientific reasoning in the context of bilingualism. *International Journal of Bilingualism*. doi:10.1177/1367006914527803

Kim, T. J. (2013). Scientific reasoning and methods in urban planning. *International regional science review, 36*(1), 36-43.

King, R. P. (2012). *Modeling and Simulation of Mineral Processing Systems*: Elsevier Science.

Koponen, J., & Julkunen, S. (2015). Theoretical Principles of Simulation-Based Sales Communication Training. *Simulation & Gaming, 46*(2), 137-147. doi:10.1177/1046878115579582

Kühnapfel, U., Çakmak, H. K., & Maaβ, H. (2000). Endoscopic surgery training using virtual reality and deformable tissue simulation. *Computers & Graphics, 24*(5), 671-682. doi:http://dx.doi.org/10.1016/S0097-8493(00)00070-4

Kyza, E. A., Constantinou, C. P., & Spanoudis, G. (2011). Sixth Graders' Co-construction of Explanations of a Disturbance in an Ecosystem: Exploring relationships between grouping, reflective scaffolding, and evidence-based explanations. *International Journal of Science Education, 33*(18), 2489-2525. doi:10.1080/09500693.2010.550951

Landriscina, F. (2013). *Simulation and Learning: A Model-Centered Approach*: Springer New York.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Lawson, A. E. (1985). A review of research on formal reasoning and science teaching. *Journal of Research in Science Teaching, 22*(7), 569-617. doi:10.1002/tea.3660220702

Lazonder, A. W., Hagemans, M. G., & Jong, T. d. (2010). Offering and discovering domain information in simulation-based inquiry learning. *Learning and Instruction, 20*, 511-520.

Lee, E. A.-L., & Wong, K. W. (2014). Learning with desktop virtual reality: Low spatial ability learners are more positively affected. *Computers & Education, 79*, 49-58.

Lin, Y.-C., Liu, T.-C., & Sweller, J. (2015). Improving the frame design of computer simulations for learning: Determining the primacy of the isolated elements or the transient information effects. *Computers & Education, 88*, 280-291.

Liu, T.-C., Kinshuk, Lin, Y.-C., & Wang, S.-C. (2012). Can verbalisers learn as well as visualisers in simulation-based CAL with predominantly visual representations? Preliminary evidence from a pilot study. *British Journal of Educational Technology, 43*(6), 965-980. doi:10.1111/j.1467-8535.2011.01262.x

Manz, E. (2014). Representing Student Argumentation as Functionally Emergent From Scientific Activity. *Review of Educational Research*. doi:10.3102/0034654314558490

Marušić, M., & Sliško, J. (2012). Influence of three different methods of teaching physics on the gain in students' development of reasoning. *International Journal of Science Education, 34*(2), 301-326.

Mauldin, R. F. (2012). A Novel Approach to Teaching Scientific Reasoning to Future Journalists: An Intellectual Framework for Evaluating Press Reports About Scientific Research. *Science Communication, 34*(2), 283-291. doi:10.1177/1075547011427976

Mayer, D., Sodian, B., Koerber, S., & Schwippert, K. (2014). Scientific reasoning in elementary school children: Assessment and relations with cognitive abilities. *Learning and Instruction, 29*(0), 43-55. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.learninstruc.2013.07.005

McCauley, S. M., & Christiansen, M. H. (2014). Prospects for usage-based computational

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

models of grammatical development: argument structure and semantic roles. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science, 5*(4), 489-499. doi:10.1002/wcs.1295

Meindertsma, H., van Dijk, M. G., Steenbeek, H., & van Geert, P. C. (2014). Assessment of Preschooler's Scientific Reasoning in Adult–Child Interactions: What Is the Optimal Context? *Research in Science Education, 44*(2), 215-237. doi:10.1007 /s11165-013-9380-z

Merchant, Z., Goetz, E. T., Cifuentes, L., Keeney-Kennicutt, W., & Davis, T. J. (2014). Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis. *Computers & Education, 70*(0), 29-40. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2013.07.033

Merchant, Z., Goetz, E. T., Keeney-Kennicutt, W., Kwok, O.-m., Cifuentes, L., & Davis, T. J. (2012). The learner characteristics, features of desktop 3D virtual reality environments, and college chemistry instruction: A structural equation modeling analysis. *Computers & Education, 59*(2), 551-568. doi:http:// dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2012.02.004

Moshman, D. (2011). *Adolescent Rationality and Development: Cognition, Morality, and Identity, Third Edition*: Taylor & Francis.

Mulder, Y. G., Bollen, L., de Jong, T., & Lazonder, A. W. (2016). Scaffolding learning by modelling: The effects of partially worked-out models. *Journal of Research in Science Teaching, 53*(3), 502-523. doi:10.1002/tea.21260

Nacu, D. C., Martin, C. K., Pinkard, N., & Gray, T. (2016). Analyzing educators' online interactions: a framework of online learning support roles. *Learning, Media and Technology, 41*(2), 283-305. doi:10.1080/17439884.2015.975722

National Science Teaching Association. (2004). NSTA Position Statement Scientific Inquiry. Retrieved from National Science Teachers Association website:

Nowak, K. H., Nehring, A., Tiemann, R., & Upmeier zu Belzen, A. (2013). Assessing students' abilities in processes of scientific inquiry in biology using a paper-and-pencil test. *Journal of Biological Education, 47*(3), 182-188.

NSTA. (2004). NSTA Position Statement Scientific Inquiry. Retrieved from National

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Science Teachers Association website:

O'Hallaron, C. L. (2014). Supporting Fifth-Grade ELLs' Argumentative Writing Development. *Written Communication, 31*(3), 304-331. doi:10.1177/0741088314536524

Osborne, J. (2013). The 21st century challenge for science education: Assessing scientific reasoning. *Thinking skills and creativity, 10*, 265-279.

Peters, K., Maruster, L., & Jorna, R. J. (2011). The evaluation of knowledge claims in an innovation project: A case study. *Management Learning, 42*(5), 537-563.

Phanchalaem, K., Sujiva, S., & Tangdhanakanond, K. (2016). The State of Teachers' Educational Data Use in Thailand. *Procedia - Social and Behavioral Sciences, 217*, 638-642. doi:https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.02.084

Psycharis, S. (2013). Examining the effect of the computational models on learning performance, scientific reasoning, epistemic beliefs and argumentation: An implication for the STEM agenda. *Computers & Education, 68*, 253-265.

Rebelo, F., Noriega, P., Duarte, E., & Soares, M. (2012). Using Virtual Reality to Assess User Experience. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*. doi:10.1177/0018720812465006

Rutten, N., van Joolingen, W. R., & van der Veen, J. T. (2012). The learning effects of computer simulations in science education. *Computers & Education, 58*(1), 136-153. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2011.07.017

Sampson, V., Grooms, J., & Walker, J. P. (2011). Argument-Driven Inquiry as a way to help students learn how to participate in scientific argumentation and craft written arguments: An exploratory study. *Science Education, 95*(2), 217-257. doi:10.1002/sce.20421

Sampson, V., & Walker, J. P. (2012). Argument-driven inquiry as a way to help undergraduate students write to learn by learning to write in chemistry. *International Journal of Science Education, 34*(10), 1443-1485.

Scherer, R., Greiff, S., & Hautamäki, J. (2015). Exploring the relation between time on task and ability in complex problem solving. *Intelligence, 48*, 37-50.

Seow, C., Hughes, J., & Byers, C. (2005). Multi-level alignment model: transforming face-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

to-face into e-instructional programs. *Journal of Workplace Learning, 17*(5/6), 346-358.

Sherman, W. R., & Craig, A. B. (2003). *Understanding Virtual Reality: Interface, Application, and Design*: Morgan Kaufmann.

Smith, P. L., & Ragan, T. J. (2004). *Instructional Design*: Wiley.

Sun, S., Sonka, M., & Beichel, R. R. (2013). Lung segmentation refinement based on optimal surface finding utilizing a hybrid desktop/virtual reality user interface. *Computerized Medical Imaging and Graphics, 37*(1), 15-27.

Thuneberg, H., Hautamäki, J., & Hotulainen, R. (2014). Scientific Reasoning, School Achievement and Gender: a Multilevel Study of between and within School Effects in Finland. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 1-20. doi:10.1080/00313831.2014.904426

Timmerman, B. E. C., Strickland, D. C., Johnson, R. L., & Payne, J. R. (2010). Development of a 'universal' rubric for assessing undergraduates' scientific reasoning skills using scientific writing. *Assessment & Evaluation in Higher Education, 36*(5), 509-547. doi:10.1080/02602930903540991

Tsui, C. Y., & Treagust, D. (2009). Evaluating Secondary Students' Scientific Reasoning in Genetics Using a Two-Tier Diagnostic Instrument. *International Journal of Science Education, 32*(8), 1073-1098. doi:10.1080/09500690902951429

Tun, J. K., Alinier, G., Tang, J., & Kneebone, R. L. (2015). Redefining Simulation Fidelity for Healthcare Education. *Simulation & Gaming, 46*(2), 159-174. doi:10.1177/1046878115576103

U.S. department of Education Institute of Education Sciences National Center for Education Statistics. (n.d.). PISA 2012 Data Tables, Figures, and Exhibits. Retrieved from http://nces.ed.gov/pubs2014/2014024_tables.pdf

Unity Technologies. (2019). Unity User Manual (2019.2). Retrieved from https://docs.unity3d.com/Manual/

Voss, J. F., & Means, M. L. (1991). Learning to Reason via Instruction in Argumentation. *Learning and Instruction, 1*, 337-350.

Weber, D. N., Hesselbach, R., Kane, A. S., Petering, D. H., Petering, L., & Berg, C. A. (2013).

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Minnows as a Classroom Model for Human Environmental Health. *The American Biology Teacher, 75*(3), 203-209.

Whisker, V. E., & The Pennsylvania State University. (2008). *Assessment of Radiation Awareness Training in Immersive Virtual Environments*: Pennsylvania State University.

Wilhelm, P., & Beishuizen, J. J. (2003). Content effects in self-directed inductive learning. *Learning and Instruction, 13*(4), 381-402. doi:http://dx.doi.org/10.1016/S0959-4752(02)00013-0

Wu, H.-K., Wu, P.-H., Zhang, W.-X., & Hsu, Y.-S. (2013). Investigating College and Graduate Students' Multivariable Reasoning in Computational Modeling. *Science Education, 97*(3), 337-366. doi:10.1002/sce.21056

Yeh, Y.-F., Jen, T.-H., & Hsu, Y.-S. (2012). Major strands in scientific inquiry through cluster analysis of research abstracts. *International Journal of Science Education, 34*(18), 2811-2842.

Zendler, A., & Greiner, H. (2020). The effect of two instructional methods on learning outcome in chemistry education: The experiment method and computer simulation. *Education for Chemical Engineers, 30*, 9-19.

Zhang, W.-X., Hsu, Y.-S., Wang, C.-Y., & Ho, Y.-T. (2015). Exploring the impacts of cognitive and metacognitive prompting on students' scientific inquiry practices within an e-learning environment. *International Journal of Science Education, 37*(3), 529-553.

Zhang, W. X., Hsu, Y.-S., Wang, C.-Y., & Ho, Y.-T. (2015). Exploring the Impacts of Cognitive and Metacognitive Prompting on Students' Scientific Inquiry Practices Within an E-Learning Environment. *International Journal of Science Education, 37*(3), 529-553. doi:10.1080/09500693.2014.996796

Zhang, X., Anderson, R. C., Morris, J., Miller, B., Nguyen-Jahiel, K. T., Lin, T.-J., . . . Hsu, J. Y.-L. (2015). Improving Children's Competence as Decision Makers: Contrasting Effects of Collaborative Interaction and Direct Instruction. *American Educational Research Journal*. doi:10.3102/0002831215618663

Zhao, Y. C., Kennedy, G., Yukawa, K., Pyman, B., & O'Leary, S. (2010). Improving

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Temporal Bone Dissection Using Self-Directed Virtual Reality Simulation: Results of a Randomized Blinded Control Trial. *Otolaryngology -- Head and Neck Surgery*. doi:10.1177/0194599810391624

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก
รายนามผู้เชี่ยวชาญและทรงคุณวุฒิ

- รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถามการศึกษาสภาพ ปัญหา ความต้องการในการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น
- รายชื่อผู้เชี่ยวชาญประเมินร่างโมเดลการออกแบบฯ
- รายชื่อผู้เชี่ยวชาญประเมินไวร์เฟรม
- รายชื่อผู้เชี่ยวชาญประเมินร่างแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์
- รายชื่อผู้เชี่ยวชาญประเมินร่างแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
- รายชื่อผู้เชี่ยวชาญประเมินและรับรองโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ
- รายชื่อผู้เชี่ยวชาญประเมินและรับรองรูปแบบโปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถามการศึกษาสภาพ ปัญหา ความต้องการในการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จรรยา ดาสา	ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒ
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุฬารัตน์ บุษบงก์	คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ
3. นายสุรศักดิ์ ศรีสุลัย	ครูเชี่ยวชาญ โรงเรียนโพนทองพัฒนาวิทยา

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญประเมินร่างโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ

1. รองศาสตราจารย์ ดร.ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์	สถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยมหิดล
2. รองศาสตราจารย์ ดร.สูติเทพ ศิริพิพัฒนกุล	คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุฬารัตน์ บุษบงก์	คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ
4. ดร.เสมอกาญจน์ โสภณหิรัญรักษ์	คณะวิทยาการเรียนรู้และศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
5. ดร.สิทธิศักดิ์ จินดาวงศ์	ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนศรีสะเกษวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญประเมินไวร์เฟรมโปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ

1.	รองศาสตราจารย์ ดร.ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์	สถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยมหิดล
2.	รองศาสตราจารย์ ดร.สูติเทพ ศิริพิพัฒนกุล	คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
3.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุฬารัตน์ บุษบงก์	คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ
4.	ดร.สิทธิศักดิ์ จินดาวงศ์	ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนศรีสะเกษวิทยาลัย
5.	ดร.ประภา สมสุข	ครูชำนาญการ โรงเรียนสตรีสิริเกศ

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญประเมินร่างแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์

1.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุฬารัตน์ บุษบงก์	คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ
2.	ดร.สิทธิศักดิ์ จินดาวงศ์	ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนศรีสะเกษวิทยาลัย
3.	ดร.ประภา สมสุข	ครูชำนาญการ โรงเรียนสตรีสิริเกศ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญประเมินร่างแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

1.	นางลำไย สนั่นรัมย์	รองผู้อำนวยการสำนักทดสอบทางการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน
2.	ดร.อภิสิทธิ์ ธงไชย	ผู้ชำนาญ ฝ่ายบริหารเครือข่ายและพัฒนาครู สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)
3.	รองศาสตราจารย์ ดร.ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์	สถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยมหิดล
4.	ดร.สิทธิศักดิ์ จินดาวงศ์	ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนศรีสะเกษวิทยาลัย
5.	ดร.ประภา สมสุข	ครูชำนาญการ โรงเรียนสตรีสิริเกศ

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญประเมินและรับรองโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ

1.	ดร.อภิสิทธิ์ ธงไชย	ผู้ชำนาญ ฝ่ายบริหารเครือข่ายและพัฒนาครู สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)
2.	รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐกร สงคราม	คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
3.	รองศาสตราจารย์ ดร.ประกอบ กรณีกิจ	คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
4.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุระ วุฒิพรหม	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
5.	ดร.ก้องเกียรติ หิรัญเกิด	คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญประเมินและรับรองรูปแบบโปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ

1.	ดร.อภิสิทธิ์ ธงไชย	ผู้ชำนาญ ฝ่ายบริหารเครือข่ายและพัฒนาครู สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)
2.	รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐกร สงคราม	คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
3.	รองศาสตราจารย์ ดร.ประกอบ กรณีกิจ	คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
4.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุระ วุฒิพรหม	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
5.	ดร.ก้องเกียรติ หิรัญเกิด	คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ข
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- แบบสอบถามเพื่อการวิจัยสำหรับครูผู้สอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัด สพม. เขต 28
- แบบสอบถามเพื่อประเมินความเหมาะสมของการใช้โมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ
- แบบประเมินความเหมาะสมของร่างโปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ
- แบบทดสอบแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น
- แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ
- แบบประเมินและรับรองโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ
- แบบประเมินและรับรองรูปแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ID

แบบสอบถามเพื่อการวิจัย

สำหรับครูผู้สอนรายวิชา วิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษา ตอนต้น สังกัด สพม. เขต 28

ผู้วิจัย	นายเจตนิพิฐ แท่นทอง
	นิสิตระดับดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา
	ภาควิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา
	คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรสุข ตันตระรุ่งโรจน์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร.ใจทิพย์ ณ สงขลา
ปีการศึกษา	2560

คำชี้แจง:

1. แบบสอบถามฉบับนี้จัดทำขึ้น **<u>มีวัตถุประสงค์</u>** เพื่อศึกษาสภาพ ปัญหา ความต้องการในการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น เป็นส่วนหนึ่งของการวิจัย เรื่อง โมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง
2. แบบสอบถามมี 11 ตอน ดังนี้

   ตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนตัวของผู้ตอบแบบสอบถาม

   ตอนที่ 2 สภาพทั่วไปของการจัดการเรียนการสอนตามหลักสูตรสถานศึกษา

   ตอนที่ 3 ความต้องการจำเป็นสำหรับการออกแบบและพัฒนาการเรียนการสอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์

   ตอนที่ 4 ความต้องการจำเป็นสำหรับการใช้ความจริงเสมือนเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน

   ตอนที่ 5 ความต้องการจำเป็นสำหรับการใช้สถานการณ์จำลองในการพัฒนาการเรียนการสอน

   ตอนที่ 6 ความต้องการจำเป็นสำหรับการสอนเพื่อพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

   ตอนที่ 7 ความต้องการจำเป็นสำหรับการใช้กิจกรรมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์เพื่อพัฒนาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

   ตอนที่ 8 ความต้องการจำเป็นสำหรับการใช้กิจกรรมสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

   ตอนที่ 9 การใช้กิจกรรมที่มีการโต้แย้งเพื่อพัฒนาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

   ตอนที่ 10 สภาพของแรงจูงใจเดิมของผู้เรียน ในการเรียนวิทยาศาสตร์

   ตอนที่ 11 ความคิดเห็นเพิ่มเติม

*******ตัวอย่างการตอบแบบสอบถาม*******

ข้อที่	ประเด็น	สภาพปัจจุบัน					สภาพที่ควรจะเป็น				
		น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด
1.	หลักสูตรสถานศึกษาฯ รายวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้คอมพิวเตอร์ได้	/									/

จากตัวอย่าง หมายถึง ท่านคิดว่าปัจจุบันหลักสูตรสถานศึกษาฯ รายวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์โดยใช้คอมพิวเตอร์ได้น้อย และเห็นว่าจำเป็นอย่างมากที่จะต้องปรับปรุงหลักสูตรให้สามารถส่งเสริมผู้เรียนให้สร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์โดยใช้คอมพิวเตอร์มากขึ้น

“ผลวิจัยจะเป็นเรื่องจริงได้ หากท่านอ่านคำจำกัดความของการวิจัยก่อนลงมือทำ”

“มาร่วมมือกันเป็นส่วนหนึ่งของการปฏิรูปการศึกษาวิทยาศาสตร์ของบ้านเรากันนะครับ”

ตอนที่ 1: คำจำกัดความในการวิจัย

1. ความจริงเสมือน (Virtual Reality) หมายถึง แอพพลิเคชันที่แสดงสถานการณ์จำลองของสภาพแวดล้อมจริง หรือ สิ่งแทนความจริงในรูป 3 มิติ ของมโนทัศน์เชิงนามธรรม ผ่านมุมมองบุคคลที่ 1 ที่ถูกสร้างขึ้นจากเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ที่ซึ่งผู้ใช้สามารถที่จะมีปฏิสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมจำลองนั้นได้แบบเวลาจริง โดยใช้อุปกรณ์ควบคุมที่หลากหลายและแสดงผลผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ ประกอบไปด้วย 4 องค์ประกอบหลัก ได้แก่

1.1 ปฏิสัมพันธ์ของผู้เรียน (Learner's Interaction)

หมายถึง ความสามารถของแอพพลิเคชันที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนกำหนดสิ่งต่างๆ ที่จะเกิดขึ้นในเหตุการณ์นั้นๆ ในสภาพแวดล้อมเสมือนด้วยตัวผู้เรียนเอง ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถที่จะสำรวจ จัดการ หมุนภาพ และมองวัตถุจากมุมมองที่หลากหลาย เช่น ผู้เรียนสามารถสังเกตพันธะเคมีของโมเลกุลได้ทั้ง 360 องศา วัดได้จากแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น และข้อมูลที่บันทึกได้จากเซิร์ฟเวอร์ ได้แก่ จำนวนครั้งของการใช้ฟังก์ชั่นการหมุนภาพในระบบ และระยะเวลาที่เข้าใช้งานระบบความจริงเสมือน

1.2 การจดจ่อของผู้ใช้ (Immersion)

หมายถึง ความสามารถของแอพพลิเคชันที่สามารถสร้างความรู้สึกให้กับผู้ใช้ว่าได้อยู่ในสถาณการณ์นั้นจริงๆ เช่น การมีบทบาทเป็นตัวละครที่ดำเนินกิจกรรมในสภาพแวดล้อมเสมือนนั้นๆ ซึ่งวัดได้จากแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

1.3 การรู้สึกได้ว่ามีอยู่ (Presence)

หมายถึง การที่ผู้ใช้สามารถรับรู้ได้ถึงปฏิสัมพันธ์ที่เกิดและได้รับจาก ภาพ เสียง หรือสิ่งเร้าอื่นๆ กล่าวคือ เป็นประสบการณ์ที่ได้รับจากความจริงเสมือนไม่ใช่ความรู้สึกว่าเข้าไปอยู่ในสภาพแวดล้อมเชิงกายภาพนั้นจริงๆ วัดได้จากแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

1.4 ความแม่นยำเชิงการเป็นสิ่งแทนความจริง (Representational Fidelity)

หมายถึง การแสดงผลที่สมจริงของสภาพแวดล้อมเสมือนซึ่งสามารถถูกเติมเต็มด้วยลักษณะทางกายภาพของสภาพแวดล้อม ได้แก่ ภาพกราฟฟิก การเปลี่ยนมุมกล้อง และความแน่นอนของพฤติกรรมของวัตถุ เช่น ภาพที่ใช้แทนโมเลกุล 3 มิติ สร้างการรับรู้ของการมองภาพโมเลกุลจริงได้ การแสดงพฤติกรรมเชิงฟิสิกส์ที่ถูกต้องเมื่อวัตถุถูกกระตุ้น วัดได้จากแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียนเกี่ยวกับความสมจริงของภาพกราฟฟิก การเปลี่ยนมุมกล้อง ความแม่นยำของพฤติกรรมของวัตถุ

2. สถานการณ์จำลอง (Simulation) หมายถึง โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีการจำลองสถานการณ์โดยใช้แบบจำลองของระบบธรรมชาติ หรือ สิ่งทีมนุษย์สร้างขึ้น เช่น เครื่องมือ หรือกระบวนการต่างๆ ให้มีลักษณะคล้ายคลึงกับความจริง และผู้ใช้สามารถจัดการกับค่าต่างๆ ของตัวแปรและได้รับผลของการจัดกระทำนั้นทันท่วงทีเกิดการเรียนรู้และมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาเหตุการณ์นั้น ซึ่งประกอบไปด้วยตัวแปรที่สังเกตได้ 4 ตัวแปร ดังนี้

2.1 ปฏิสัมพันธ์ (Interaction)

หมายถึง ความสามารถของโปรแกรมที่เปิดโอกาศให้ผู้เรียนกำหนดสถานการณ์การต่างๆ ของโปรแกรม เช่น การคลิกเพื่อเลื่อนหน้า การคลิกไฮเพอร์ลิงค์ การคลิกปุ่มเล่น ตลอดจนกำกำหนดค่าพารามิเตอร์และค่าตัวแปรนำเข้าต่างๆ ในสถานการณ์จำลอง วัดได้จากข้อมูลที่บันทึกได้จากเซิร์ฟเวอร์ ได้แก่ จำนวนครั้งของการคลิกเมาส์ การใช้ไฮเพอร์ลิงค์ การคลิกปุ่มเล่น

2.2 การให้ข้อมูลย้อนกลับและผลลัพธ์ (Feedback and result)

หมายถึง ความสามารถของโปรแกรมในการแสดงผลที่เกิดจากสิ่งที่ผู้เรียนกำหนดและกระทำจนเกิดการแสดงออกทั้งในลักษณะ 3 มิติ แผนภูมิ กราฟ และตาราง วัดได้จากข้อมูลที่บันทึกได้จากเซิร์ฟเวอร์ ได้แก่ จำนวนครั้งของการเรียกดูแผนภูมิ กราฟ และตารางแสดงข้อมูล

2.3 ระบบ (System)

หมายถึง ความสามารถของโปรแกรมในการแสดงชุดขององค์ประกอบของปรากฏการณ์ที่ส่งผลกระทบกันเป็นเชิงระบบ วัดได้จากความคิดเห็นของผู้เรียนเกี่ยวกับความเหมาะสมของสิ่งแวดล้อมต่างๆ ของสถานการณ์จำลองในเชิงระบบ เช่น เมื่อวัตถุชนกันจะต้องเกิดการดลขึ้น

2.4 แบบจำลอง (Model)

หมายถึง ความสามารถของโปรแกรมที่แสดงองค์ประกอบของระบบได้อย่างครบถ้วนตรงตามทฤษฎีหรือแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อใช้ในการนำเสนออิทธิพลของแบบจำลองย่อยๆ ที่ส่งผลในเชิงระบบ วัดได้จากแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น สอบถามผู้เรียนเกี่ยวกับความเหมาะสมของสถานการณ์จำลองที่เปิดโอกาสให้เห็นองค์ประกอบที่อยู่ในแบบจำลอง เช่น เห็นโครงสร้างอะตอมก่อนที่จะรวมตัวเป็นสารประกอบ เป็นต้น

3. ความสามารถในการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ (Computational Modeling) หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการใช้วิธีการสืบเสาะหาความรู้โดยอาศัยกระบวนการสร้างแบบจำลองโดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือในการสร้าง และใช้คณิตศาสตร์ ฟิสิกส์ และวิทยาการคอมพิวเตอร์ ในการศึกษาพฤติกรรมของระบบ แบ่งออกเป็นความสามารถย่อยได้ 3 ความสามารถย่อย ดังนี้

3.1 ความสามารถในการสร้างแบบจำลอง หมายถึง ความรู้และทักษะของผู้เรียนในการสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้วิธีการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการพิสูจน์ หรืออธิบาย ปรากฏการณ์ วัดได้จากแบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

3.2 ความสามารถในการทดสอบแบบจำลอง หมายถึง ความรู้และทักษะของผู้เรียนในการใช้กระบวนการพิสูจน์ความสามารถของแบบจำลองที่ตนเองสร้างขึ้นก่อนนำไปใช้

3.3 ความสามารถในการศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรเชิงพหุ หมายถึง ความรู้และทักษะของผู้เรียนในการใช้กระบวนการศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ได้จากแบบจำลอง

4. คุณลักษณะสำคัญของการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ (Essential Features of Scientific inquiry) หมายถึง ลักษณะของกิจกรรมในแอพพลิเคชันที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนอาศัยระเบียบวิธีการสืบสอบที่หลากหลายที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการแสวงหาองค์ความรู้ มีวงจรของกระบวนการที่เริ่มจากการตั้งคำถาม การสืบสอบ และการประเมินประจักษ์พยาน หรือตอบคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ และเป็นวิธีการที่สังคมวิทยาศาสตร์สร้างและติดตามการปฏิบัติงานของวิชาชีพวิทยาศาสตร์ ซึ่งรวมไปถึง องค์ความรู้ที่เชื่อมั่นได้จากรายงาน การป้องกัน การพินิจพิเคราะห์ และการยืนยันข้อกล่าวอ้างเชิงวิทยาศาสตร์ และการตระหนักรู้ถึงปฏิสัมพันธ์ที่ซับซ้อนระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม และเกี่ยวข้องกับความสามารถในการควบคุมตนเองอย่างตื่นตัวในการค้นหาองค์ความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งการสืบสอบเชิงวิทยาสาสตร์ประกอบไปด้วย 6 ลักษณะสำคัญ ซึ่งประกอบด้วยตัวแปรสังเกตได้ 6 ตัวแปรดังต่อไปนี้

4.1 ผู้เรียนเผชิญกับคำถามทางวิทยาศาสตร์

หมายถึง ลักษณะกิจกรรมของระบบที่ เกิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เผชิญกับคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ ออกแบบและวางแผน ตั้งคำถามวิจัย วัตถุประสงค์การวิจัย สมมติฐาน ออกแบบขั้นตอนการสืบสอบและเทคนิคการเลือกข้อมูล โดยตั้งอยู่บนคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ที่ผู้เรียนกำลังเผชิญอยู่ด้วยตนเองได้ ผ่านเทคโนโลยีไฮเพอร์ลิงค์ หรือวิดีโอ ซึ่งวัดได้จากแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยประเด็นสอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจที่มีต่อกิจกรรมในลักษณะนี้

4.2 ผู้เรียนให้ความสำคัญกับหลักฐานหรือประจักษ์พยานของคำถามที่ตั้งขึ้น

หมายถึง ลักษณะกิจกรรมของระบบที่เกิดโอกาสให้ผู้เรียนได้พิจารณาข้อค้นพบที่ได้จากการสืบสอบโดยอ้างอิงจากประจักษ์พยาน ผ่านการแสดงผลการทดลองด้วยกราฟ และตารางแสดงข้อมูลผลการทดลอง ซึ่งวัดได้จากแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยประเด็นสอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจที่มีต่อกิจกรรมในลักษณะนี้

4.3 ผู้เรียนสร้างคำอธิบายจากข้อมูลและหลักฐานที่มี

หมายถึง ลักษณะกิจกรรมของระบบที่เกิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สร้างคำอธิบายโดยใช้ประจักษ์พยานที่ได้ ตีความด้วยมุมมองของทฤษฎีที่หลากหลาย พร้อมทั้งออกแบบวิธีการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นที่อาจส่งผลต่อความน่าเชื่อถือของประจักษ์พยานที่ได้ ซึ่งวัดได้จากแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยประเด็นสอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจที่มีต่อกิจกรรมในลักษณะนี้

4.4 ผู้เรียนใช้คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีสารสนเทศหรือเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ และการคิดเชิงคำนวน

หมายถึง ลักษณะกิจกรรมของระบบที่เกิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ใช้คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีสารสนเทศหรือเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ และการคิดเชิงคำนวน ซึ่งครอบคลุมปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ทุกรูปแบบ ทั้งด้วยการคำนวนด้วยมือเปล่า ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป หรือเขียนอัลกอรึทึม ในการวิเคราะห์ประจักษ์พยาน ซึ่งวัดได้จากแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยประเด็นสอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจที่มีต่อกิจกรรมในลักษณะนี้

4.5 ผู้เรียนเชื่อมโยงองค์ความรู้ที่ได้สู่องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

หมายถึง ลักษณะกิจกรรมของระบบที่เกิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เชื่อมโยงองค์ความรู้ที่ได้สู่องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์และตีความข้อมูล เขียนข้อสรุปและให้เหตุผลซึ่งผ่านการตรวจสอบอย่างถี่ถ้วน ซึ่งวัดได้จากแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยประเด็นสอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจที่มีต่อกิจกรรมในลักษณะนี้

4.6 ผู้เรียนสื่อสารและประเมินองค์ความรู้อย่างมีเหตุผล

หมายถึง ลักษณะกิจกรรมของระบบที่เกิดโอกาสให้ผู้เรียนมีโอกาสได้สื่อสารและประเมินองค์ความรู้อย่างมีเหตุผล ตีความข้อสรุป นำแสดงต่อชุมชนเพื่อการสื่อสาร ยอมรับข้อค้นพบ และเพื่อการไตร่ตรองอย่างละเอียดจากผู้อื่น ซึ่งวัดได้จากแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยประเด็นสอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจที่มีต่อกิจกรรมในลักษณะนี้

<u>5. กลยุทธการโต้แย้ง (Argument Strategy)</u> หมายถึง ความสามารถของระบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนใช้วิธีการ ขั้นตอน หรือ แบบจำลองของการให้เหตุผลเพื่อสร้างข้อสรุปที่ซับซ้อนที่ไม่ได้มาจากการยอมรับในบทนิยาม หรือคำบรรยายและมาตรฐานหนึ่งเท่านั้น แต่เป็นการประสานระหว่างประจักษ์พยานเข้ากับทฤษฎี ซึ่งสนับสนุนหรือโต้แย้งข้อสรุป แบบจำลอง หรือการพยากรณ์นั้นๆ ตลอดจนสร้างและเปรียบเทียบข้อโต้แย้ง ซึ่งข้อโต้แย้งเป็นตัวแทนของชุดเหตุผลที่จะทำให้เชื่อในความจริงที่ปรากฏได้ ซึ่งประกอบด้วยตัวแปรที่สังเกตได้ 6 ตัวแปร ดังนี้

6

5.1 ยกประเด็นที่อีกฝ่ายนำเสนอ มาเป็น ประเด็นตั้งต้น หมายถึง ความสามารถของระบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ ยกประเด็นที่อีกฝ่ายนำเสนอ มาเป็นประเด็นตั้งต้นจากนั้นใช้คำว่า “แต่” เพื่อนำไปสู่การแสดงข้อคิดเห็นที่ขัดแย้งเพื่อโต้กลับ ซึ่งวัดได้จากแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยประเด็นสอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจที่มีต่อกิจกรรมในลักษณะนี้

5.2 ให้ข้อมูล หรือชี้ประเด็นสำคัญที่อีกฝ่ายไม่ได้กล่าวถึง หมายถึง ความสามารถของระบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ให้ข้อมูล หรือชี้ประเด็นสำคัญที่อีกฝ่ายไม่ได้กล่าวถึงในขณะสร้างข้อโต้แย้ง ซึ่งวัดได้จากแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยประเด็นสอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจที่มีต่อกิจกรรมในลักษณะนี้

5.3 ให้หลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่ได้ให้ข้อมูลไป หมายถึง ความสามารถของระบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ให้หลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่ได้ให้ข้อมูลไปกับฝ่ายตรงข้ามในระหว่างสร้างข้อโต้แย้ง ซึ่งวัดได้จากแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยประเด็นสอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจที่มีต่อกิจกรรมในลักษณะนี้

5.4 ระบุความขัดแย้งของข้อโต้แย้ง หมายถึง ความสามารถของระบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ระบุความขัดแย้งของข้อโต้แย้งที่กำลังเป็นประเด็นในระหว่างการสร้างข้อโต้แย้ง ซึ่งวัดได้จากแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยประเด็นสอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจที่มีต่อกิจกรรมในลักษณะนี้

5.5 ประเมินการยอมรับได้ของแต่ละข้อโต้แย้ง หมายถึง ความสามารถของระบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ประเมินการยอมรับได้ของแต่ละข้อโต้แย้งในระหว่างสร้างข้อโต้แย้ง ซึ่งวัดได้จากแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยประเด็นสอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจที่มีต่อกิจกรรมในลักษณะนี้

5.6 ลงข้อสรุปเพื่อนำเสนอเหตุและผลที่ใช้ในการกล่าวอ้าง หมายถึง ความสามารถของระบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงข้อสรุปเพื่อนำเสนอเหตุและผลที่ใช้ในการกล่าวอ้าง โดยนำเสนอให้เห็นถึงประเด็นที่อีกฝ่ายนำเสนอ ข้อเสนอของตนที่ไม่ขัดแย้ง และหลักฐานที่ใช้ในการตีโต้กลับ ซึ่งวัดได้จากแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยประเด็นสอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจที่มีต่อกิจกรรมในลักษณะนี้

6. การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific Reasoning) หมายถึง การคิดที่มุ่งไปสู่การพิสูจน์ และตัดสินด้วยเหตุและผลที่เกิดขึ้นเชิงวิทยาศาสตร์ โดยใช้กระบวนการอนุมาน การพยากรณ์ การสร้างสมมติฐาน การวางแผนการทดสอบด้วยวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์เชื่อถือได้ การทดสอบสมมติฐานหรือปรากฏการณ์อย่างมีเหตุผล การประเมินประจักษ์พยาน การลงความเห็น และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีกับหลักฐานเชิงประจักษ์ ซึ่งต้องอาศัยทักษะย่อยที่จำเป็น ซึ่งประกอบไปด้วยตัวแปรสังเกตได้ 4 ตัวแปร ดังนี้

6.1 ความสามารถในการตั้งสมมติฐาน (Hypothesizing Ability)

ความสามารถในการตั้งสมมติฐาน หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการ ระบุสาเหตุของปัญหา พยากรณ์อิทธิพลของตัวแปรอิสระที่จะส่งผลต่อตัวแปรตาม ซึ่งสามารถพิสูจน์ได้ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทฤษฎีหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ เลือก และอธิบายสมมติฐานทางเลือกด้วยทฤษฎีหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งวัดได้จากแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

6.2 ความสามารถในการควบคุมและออกแบบการทดลอง (Controlling and Designing Experimentation Ability)

ความสามารถในการควบคุมและ ออกแบบการทดลอง หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการแก้ปัญหาเพื่อนำไปสู่การได้มาซึ่งข้อสรุป ระบุวิธีการสำรวจตรวจสอบข้อเท็จจริงที่นำไปสู่การลงข้อสรุป ออกแบบการทดลอง โดยควบคุมตัวแปรอื่นๆ ใช้ทักษะการสังเกตรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย และใช้ระเบียบวิธีทางวิทยาศาสตร์ดั้งเดิมหรือวิธีการที่สร้างขึ้นใหม่ ซึ่งวัดได้จากแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

6.3 ความสามารถในการประเมินประจักษ์พยาน (Evidence Evaluating Ability)

ความสามารถในการประเมินประจักษ์พยาน หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการระบุข้อสรุปของสถานการณ์โดยใช้ ข้อมูล หลักฐาน ข้อเท็จจริง และหลักฐานเชิงประจักษ์ อย่างสมเหตุสมผล และใช้ตรรกะในการกล่าวอ้างหรือตีความเพื่อลงข้อสรุป ซึ่งวัดได้จากแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

6.4 การใช้องค์ความรู้ที่เกี่ยวกับความจริง (Using of Epistemic Knowledge Ability)

การใช้องค์ความรู้ที่เกี่ยวกับความจริง หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนที่ในการระบุเหตุผลของการกระทำโดยใช้ทฤษฎีหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์สนับสนุน ระบุสาเหตุของการเข้าถึง และเข้าใจในปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น

7. สถานการณ์จำลองเสมือนจริง (Virtual Reality Simulation) หมายถึง โปรแกรมที่ใช้สนุบสนุนการเรียนรู้ที่สามารถแสดงสถานการณ์จำลองของสภาพแวดล้อมจริงหรือสิ่งแทนความจริงในรูปแบบ 3 มิติ ของระบบในธรรมชาติ หรือสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น ผ่านมุมมองบุคคลที่ 1 ที่ถูกสร้างขึ้นจากเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์โดยผู้ใช้สามารถมีปฏิสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมได้แบบเวลาจริงใช้วิธีการควบคุมที่หลากหลาย จัดการกับค่าตัวแปรและได้รับผลของการจัดกระทำนั้นอย่างทันท่วง เกิดการเรียนรู้และมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาสถานการณ์นั้น และแสดงผลผ่านจอคอมพิวเตอร์

8. การสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง (Argument-Based Inquiry) หมายถึง กิจกรรมการเรียนรู้ในโปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ใช้การสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์และการโต้แย้ง ในการทำความเข้าใจ และแสวงหาองค์ความรู้

ตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนตัวของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ: ❒ ชาย ❒ หญิง
2. ประสบการณ์ในการสอนวิทยาศาสตร์:
   ❒ ไม่เกิน 5 ปี ❒ 5 – 10 ปี
   ❒ 10 – 15 ปี ❒ 15 – 20 ปี ❒ 20 ปีขึ้นไป
3. ระดับชั้นที่สอนเป็นหลัก:
   ❒ ม.1 ❒ ม.2 ❒ ม.3
4. ประเภทโรงเรียน:
   ❒ โรงเรียนขยายโอกาส ❒ โรงเรียนมัธยมศึกษา
5. ขนาดโรงเรียน:
   ❒ โรงเรียนขนาดเล็ก ❒ โรงเรียนขนาดกลาง
   ❒ โรงเรียนขนาดใหญ่ ❒ โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ
6. วุฒิการศึกษาสูงสุด:
   ❒ ปริญญาตรี สาขา (โปรดระบุ).....
   ❒ ปริญญาโท สาขา (โปรดระบุ).....
   ❒ ปริญญาเอก สาขา (โปรดระบุ).....
7. สอนรายวิชานอกกลุ่มสาระฯ วิทยาศาสตร์หรือไม่:
   ❒ ไม่ใช่ ❒ ใช่ (โปรดระบุ) .....

8. ท่านออกแบบการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาที่ท่านสอน ก่อนทำการสอนมากน้อยเพียงใด (คำนวนจากจำนวนครั้งทั้งหมดที่เข้าสอน):

❒ ไม่เกินร้อยละ 20 ของชั่วโมงสอนทั้งหมด

❒ ไม่เกินร้อยละ 40 ของชั่วโมงสอนทั้งหมด

❒ ไม่เกินร้อยละ 60 ของชั่วโมงสอนทั้งหมด

❒ ไม่เกินร้อยละ 80 ของชั่วโมงสอนทั้งหมด

❒ <u>เกิน</u>ร้อยละ 80 ของชั่วโมงสอนทั้งหมด

ตอนที่ 2 สภาพทั่วไปของการจัดการเรียนการสอนตามหลักสูตรสถานศึกษา

ข้อที่	ประเด็น	สภาพปัจจุบัน					สภาพที่ควรจะเป็น				
		น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด
1.	หลักสูตรสถานศึกษาฯ รายวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้คอมพิวเตอร์ได้										
2.	หลักสูตรสถานศึกษาฯ รายวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ *** การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (scientific reasoning) หมายถึง การคิดที่มุ่งไปสู่การพิสูจน์ และตัดสินด้วยเหตุและผลที่เกิดขึ้นเชิงวิทยาศาสตร์ โดยใช้กระบวนการอนุมาน การพยากรณ์ การสร้างสมมติฐาน การวางแผนการทดสอบด้วยวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์เชื่อถือได้ การทดสอบสมติฐานหรือปรากฏการณ์อย่างมีเหตุผล การประเมินประจักษ์										

ข้อที่	ประเด็น	สภาพปัจจุบัน					สภาพที่ควรจะเป็น				
		น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด
	พยาน การลงความเห็น และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีกับหลักฐานเชิงประจักษ์ ซึ่งต้องอาศัยทักษะย่อยที่จำเป็น***										
3.	การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับหลักสูตรสถานศึกษาฯ ต้องเป็นเรื่องเข้าใจง่าย มีขั้นตอนที่ชัดเจน										
4.	การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ ที่จะส่งเสริมให้ผู้เรียนสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์โดยใช้คอมพิวเตอร์ได้ และมีการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ดี ต้องเป็นเรื่องง่าย ต้องเป็นเรื่องเข้าใจง่ายมีขั้นตอนที่ชัดเจน										
5.	เวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ **ไม่เพียงพอที่จะ** พัฒนาผู้เรียนให้สามารถสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์โดยใช้คอมพิวเตอร์ และมีการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ดีได้										
6.	ครูจำเป็นต้องจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมพัฒนาการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน										
7.	การสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้วยคอมพิวเตอร์ เป็นทักษะที่จำเป็นสำหรับผู้เรียน										
8.	ทักษะการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้วยคอมพิวเตอร์ ควรถูกบรรจุลงในตัวชี้วัดของหลักสูตรแกนกลางฯ										
9.	การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ **ต้อง**กำหนดไว้ในหลักสูตรสถานศึกษา										

ข้อที่	ประเด็น	สภาพปัจจุบัน					สภาพที่ควรจะเป็น				
		น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด
10.	สื่อการเรียนการสอนที่ใช้ในปัจจุบันสามารถพัฒนาผู้เรียนให้สามารถสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์โดยใช้คอมพิวเตอร์ได้										
11.	สื่อที่ใช้ในปัจจุบันสามารถพัฒนาผู้เรียนให้มีการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ดีได้										
12.	กิจกรรมการเรียนรู้ที่ท่านใช้อยู่ **สามารถ**ส่งเสริมผู้เรียนให้สามารถสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์โดยใช้คอมพิวเตอร์ได้										
13.	กิจกรรมการเรียนรู้ที่ท่านใช้ **สามารถ**ส่งเสริมผู้เรียนให้เป็นผู้ที่สามารถให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ดีได้										

ตอนที่ 3 ความต้องการจำเป็นสำหรับการออกแบบและพัฒนาการเรียนการสอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์

ข้อที่	ประเด็น	สภาพปัจจุบันที่ทำ					สภาพที่ควรจะเป็น				
		น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด
	ในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ต้อง										
1.	กำหนดเป้าประสงค์ของการสอนเป็นอันดับแรก										
2.	วิเคราะห์พฤติกรรมตั้งต้นของผู้เรียน เช่น ความรู้เดิม ลักษณะของผู้เรียน รูปแบบการเรียนรู้ และแรงจูงใจเดิม เป็นต้น										
3.	วิเคราะห์กลวิธีการสอน										

ข้อที่	ประเด็น	สภาพปัจจุบันที่ทำ					สภาพที่ควรจะเป็น				
		น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด
4.	วิเคราะห์บทบาทของผู้สอน										
5.	ระบุจุดประสงค์การเรียนรู้										
6.	ออกแบบลำดับของเนื้อหา										
7.	ออกแบบแนวทางการประเมินพัฒนาการทางการเรียนรู้										
8.	สร้างแบบทดสอบอิงเกณฑ์										
9.	มีการประเมินผลการใช้กิจกรรมฯ จากผู้เรียน และผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง										
10.	ออกแบบวิธีการประเมินผลการเรียนรู้										
11.	ในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้ดียิ่งขึ้นต้องนำผลการประเมินไปปรับปรุงการออกแบบการเรียนการสอน										

ตอนที่ 4 ความต้องการจำเป็นสำหรับการใช้ความจริงเสมือนเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน

ข้อที่	ประเด็น	สภาพปัจจุบัน					สภาพที่ควรจะเป็น				
		น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด
1.	เทคโนโลยีความจริงเสมือนเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่เหมาะกับการเรียนการสอนในยุคปัจจุบัน										
2.	เทคโนโลยีความจริงเสมือนช่วยแก้ปัญหา การจัดกิจกรรมเสริมหลักสูตรเพื่อพัฒนาทักษะวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน										

ข้อที่	ประเด็น	สภาพปัจจุบัน					สภาพที่ควรจะเป็น				
		น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด
3.	เทคโนโลยีความจริงเสมือนช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ผ่านการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับระบบ และผู้เรียนกับผู้เรียน										
4.	เทคโนโลยีความจริงเสมือนช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ ผ่านการจดจ่อตัวตัวเข้าไปในความจริงเสมือน										
5.	เทคโนโลยีความจริงเสมือนจะช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ ผ่านความรู้สึกถึงการมีอยู่ของระบบเสมือนทำให้ผู้เรียนรู้สึกได้ว่ามันคือระบบจริงๆ										
6.	เทคโนโลยีความจริงเสมือนจะช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ ผ่านความแม่นยำในการเป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์										

ตอนที่ 5 ความต้องการจำเป็นสำหรับการใช้สถานการณ์จำลองในการพัฒนาการเรียนการสอน

ข้อที่	ประเด็น	สภาพปัจจุบัน					สภาพที่ควรจะเป็น				
		น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด
1.	โปรแกรมสถานการณ์จำลองปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ เป็นเทคโนโลยีที่ใช้ช่วยสนับสนุนการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์										
2.	โปรแกรมสถานการณ์จำลองช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ ผ่านการมีปฏิสัมพันธ์กับโปรแกรม เช่น การรับค่าและโต้ตอบกับผู้เรียนอย่างทันท่วงที										

ข้อที่	ประเด็น	สภาพปัจจุบัน					สภาพที่ควรจะเป็น				
		น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด
3.	โปรแกรมสถานการณ์จำลองช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ ผ่านการแสดงข้อมูลย้อนกลับให้กับผู้เรียนอย่างทันท่วงที										
4.	โปรแกรมสถานการณ์จำลองช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ ผ่านการทำความเข้าใจปฏิสัมพันธ์ของตัวแปรเชิงในปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ เช่น การแสดงอิทธิพลของตัวแปรอิสระที่มีแต่การเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตาม										
5.	โปรแกรมสถานการณ์จำลองช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ ผ่านการระบุพฤติกรรมของแบบจำลองย่อยๆ ในปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ เช่น เมื่อปล่อยวัตถุ A ไปชนวัตถุ B วัตถุทั้งสองจะแสดงปรากฏการณ์การดลได้อย่างแม่นยำ										

ตอนที่ 6 ความต้องการจำเป็นสำหรับการสอนเพื่อพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ข้อที่	ประเด็น	สภาพปัจจุบัน					สภาพที่ควรจะเป็น				
		น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด
1.	การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นทักษะที่จำเป็นสำหรับผู้เรียน										
2.	กิจกรรมการเรียนรู้ที่ท่านใช้ในปัจจุบัน สามารถส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี										
3.	ระยะเวลาตามโครงสร้างหลักสูตรสถานศึกษาเพียงพอแล้ว ที่จะจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน										
4.	โรงเรียนมีห้องปฏิบัติการวิทยาศสตร์ที่เพียงพอแล้วที่จะจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน ซึ่งได้แก่ การตั้งสมมติฐาน การออกแบบและควบคุมการทดลอง ประเมินประจักษ์พยาน และใช้องค์ความรู้เกี่ยวกับความจริง										

ตอนที่ 7 ความต้องการจำเป็นสำหรับการใช้กิจกรรมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์เพื่อพัฒนาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

ข้อที่	ประเด็น	สภาพปัจจุบัน					สภาพที่ควรจะเป็น				
		น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด
1.	การสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่ซับซ้อน										
2.	การสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเข้าใจปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่ซับซ้อนได้อย่างรวดเร็ว										
3.	ปัจจุบันท่านมีการนำกิจกรรมที่มีการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนอยู่เป็นประจำ (ร้อยละ 80 ของกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งหมด)										
4.	ท่านสามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์										

ตอนที่ 8 ความต้องการจำเป็นสำหรับการพัฒนากิจกรรมสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

ข้อที่	ประเด็น	สภาพปัจจุบัน					สภาพที่ควรจะเป็น				
		น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด
1.	การสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่สามารถส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้										
2.	การสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่สามารถส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้										
3.	การสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้										
4.	การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เผชิญหน้ากับคำถามเชิงวิทยาศาสตร์เป็นวิธีการที่เหมาะสมในการส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียน										
5.	การสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนเพราะเป็นกิจกรรมที่ให้ความสำคัญกับหลักฐานหรือประจักษ์พยานของคำถามที่ตั้งขึ้น										
6.	การสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนใช้คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีสารสนเทศหรือเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และการคิดเชิงคำนวน จะส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้ดี										
7.	การสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เชื่อมโยงองค์ความรู้ที่ได้สู่องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์										

ข้อที่	ประเด็น	สภาพปัจจุบัน					สภาพที่ควรจะเป็น				
		น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด
8.	การสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนสื่อสารและประเมินองค์ความรู้อย่างมีเหตุผล										

ตอนที่ 9 ความต้องการจำเป็นสำหรับการพัฒนากิจกรรมที่มีการโต้แย้งเพื่อพัฒนาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

ข้อที่	ประเด็น	สภาพปัจจุบัน					สภาพที่ควรจะเป็น				
		น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด
1.	กิจกรรมการเรียนรู้ที่มีการโต้แย้งสามารถส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้										
2.	กิจกรรมการเรียนรู้ที่มีการโต้แย้งสามารถส่งเสริมการเรียนรู้ได้ หากเปิดโอกาสให้ผู้เรียนยกประเด็นที่อีกฝ่ายนำเสนอ มาเป็นประเด็นจากนั้นใช้คำว่า “แต่” เพื่อนำไปสู่การแสดงข้อคิดเห็นที่ขัดแย้งเพื่อโต้กลับ										
3.	กิจกรรมการเรียนรู้ที่มีการโต้แย้งสามารถส่งเสริมการเรียนรู้ได้ หากเปิดโอกาสให้ผู้เรียนให้ข้อมูล หรือชี้ประเด็นสำคัญที่อีกฝ่ายยังไม่ได้กล่าวถึง										
4.	กิจกรรมการเรียนรู้ที่มีการโต้แย้งสามารถส่งเสริมการเรียนรู้ได้ หากเปิดโอกาสให้ผู้เรียนนำเสนอหลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่ได้ให้ข้อมูลไป										
5.	กิจกรรมการเรียนรู้ที่มีการโต้แย้งสามารถส่งเสริมการเรียนรู้ได้ หากเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ระบุความขัดแย้งของข้อโต้แย้ง										

ข้อที่	ประเด็น	สภาพปัจจุบัน					สภาพที่ควรจะเป็น				
		น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด
6.	กิจกรรมการเรียนรู้ที่มีการโต้แย้งสามารถส่งเสริมการเรียนรู้ได้ หากเปิดโอกาสให้ผู้เรียนประเมินการยอมรับได้ของแต่ละข้อโต้แย้ง										
7.	กิจกรรมการเรียนรู้ที่มีการโต้แย้งสามารถส่งเสริมการเรียนรู้ได้ หากเปิดโอกาสให้ผู้เรียนลงข้อสรุป เพื่อนำเสนอเหตุและผลที่ใช้ในการกล่าวอ้าง										
8.	กิจกรรมการเรียนรู้ที่มีการโต้แย้งสามารถส่งเสริมการเรียนรู้ได้ หากเปิดโอกาสให้ผู้เรียนนำเสนอให้เห็นถึงประเด็นที่อีกฝ่ายนำเสนอ ข้อเสนอที่สอดคล้อง และหลักฐานที่ใช้ในการโต้กลับ										

ตอนที่ 10 สภาพของแรงจูงใจเดิมของผู้เรียน ในการเรียนวิทยาศาสตร์

1. ท่านคิดว่านักเรียนที่จบ ม.3 จะเรียนต่อในระดับที่สูงขึ้นประมาณร้อยละเท่าใด
   ❒ ไม่เกินร้อยละ 20 ❒ ร้อยละ 20 – 40 ❒ ร้อยละ 40 - 60
   ❒ ร้อยละ 60 – 80 ❒ ร้อยละ 80 – 100
2. ท่านคิดว่านักเรียนที่กำลังศึกษาในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นที่ชอบเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์เป็นอันดับต้นๆ มีประมาณร้อยละเท่าใด
   ❒ ไม่เกินร้อยละ 20 ❒ ร้อยละ 20 – 40 ❒ ร้อยละ 40 - 60
   ❒ ร้อยละ 60 – 80 ❒ ร้อยละ 80 – 100

ตอนที่ 11 ความคิดเห็นเพิ่มเติม

1. ท่านคิดว่าปัญหาที่สำคัญที่สุดของการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาการสร้างแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ของผู้เรียนคืออะไร
   โปรดอธิบาย.....
   .....
   .....
2. ท่านคิดว่าปัจจัยใดที่ทำให้การออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ของท่านไม่ประสบความสำเร็จ
   ไม่ประสบผลสำเร็จ อธิบาย.....
   .....
   ประสบผลสำเร็จ อธิบาย.....
   .....

เอกสารหมายเลข 2

แบบสอบถามเพื่อประเมินความเหมาะสมของการใช้โมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

คำชี้แจง

แบบสอบถามฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับความเหมาะสมของการนำโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้งไปใช้ในการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

<u>โครงสร้างของแบบสอบถาม</u>

ตอนที่ 1 เป็นมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ

ตอนที่ 2 เป็นข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเพื่อการปรับปรุงโมเดลการออกแบบฯ

<u>วิธีการกรอกข้อมูลในตอนที่ 1</u>

กรุณาทำเครื่องหมาย / ในช่องระดับความคิดเห็น โดยมีความหมายดังนี้

5	หมายถึง	มีความเหมาะสมมากที่สุด
4	หมายถึง	มีความเหมาะสมมาก
3	หมายถึง	มีความเมหาะสมปานกลาง
2	หมายถึง	มีความเหมาะสมน้อย
1	หมายถึง	ไม่เหมาะสม

ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้จัดทำ โมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง ไว้เป็นเอกสารหมายเลข 3 ใคร่ขอให้ท่านกรุณาศึกษาโมเดลการออกแบบฯ ก่อนลงมือตอบแบบสอบถาม ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงที่ท่านได้เสียสละให้ความอนุเคราะห์ในครั้งนี้

ตอนที่ 1: มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ สอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับความเหมาะสมของการนำโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้งไปใช้ในการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

ประเด็นพิจารณา	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
1. ขั้นระบุเป้าหมายของการเรียนรู้					
2. ขั้นวิเคราะห์พฤติกรรมตั้งต้น					
3. ขั้นวิเคราะห์กลยุทธ์การสอน					
4. ขั้นวิเคราะห์บทบาทของผู้สอน					
5. ขั้นระบุจุดประสงค์ของการเรียนรู้					
6. ขั้นสร้างเนื้อหา					
7. ขั้นออกแบบ Content Storyboard/ Wireframe					
8. ขั้นสร้างแบบทดสอบอิงเกณฑ์					
9. ขั้นพัฒนาระบบและกลยุทธ์ในการส่งถ่ายข้อมูล					
10. ขั้นพัฒนากลยุทธ์การจัดการของผู้ดูแลระบบ					
11. ขั้นสร้างโปรแกรมต้นแบบ					
12. ขั้นปรับปรุงโปรแกรมต้นแบบ					
13. ขั้นทดลองใช้โปรแกรมต้นแบบ					
14. ขั้นใช้โปรแกรมจริง					
15. ขั้นติดตามการใช้งาน					
16. ขั้นให้ผลย้อนกลับ					
17. ขั้นประเมินผลการเรียนรู้					
18. ขั้นปรับปรุงสถานการณ์จำลองเสมือนจริง					

ตอนที่ 2: ข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงโมเดลการออกแบบฯ

.....

.....

.....

ลงชื่อ

( )

ผู้เชี่ยวชาญ

เอกสารหมายเลข 4

แบบสอบถามเพื่อประเมินความเหมาะสมของร่างสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

คำชี้แจง

แบบสอบถามฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับความเหมาะสมของร่างสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้งไปใช้ในการพัฒนาการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

โครงสร้างของแบบสอบถาม

ตอนที่ 1 เป็นมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ

ตอนที่ 2 เป็นข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเพื่อการปรับปรุงสถานการจำลองเสมือนจริงฯ

วิธีการกรอกข้อมูลในตอนที่ 1

กรุณาทำเครื่องหมาย / ในช่องระดับความคิดเห็น โดยมีความหมายดังนี้

5	หมายถึง	มีความเหมาะสมมากที่สุด
4	หมายถึง	มีความเหมาะสมมาก
3	หมายถึง	มีความเมหาะสมปานกลาง
2	หมายถึง	มีความเหมาะสมน้อย
1	หมายถึง	ไม่เหมาะสม

ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้จัดทำผังโครงร่างโปรแกรม (wireframe) ไว้เป็นเอกสารหมายเลข 5 และผังการเลื่อนไหลของการเรียนรู้ (learning flow) ไว้เป็นเอกสารหมายเลข 6 โดยท่านสามารถศึกษากรอบแนวคิดของการวิจัย และคำจำกัดความของการวิจัยได้จากเอกสารหมายเลข 7 และ 8 ตามลำดับ ใคร่ขอให้ท่านกรุณาศึกษาผังโครงร่างแรแกรม และผังการเลื่อนไหลของการเรียนรู้ ก่อนลงมือตอบแบบสอบถาม ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงที่ท่านได้เสียสละให้ความอนุเคราะห์ในครั้งนี้

ตอนที่ 1: มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ สอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับความเหมาะสมของร่างสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

ประเด็นพิจารณา	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
จากการพิจารณาโครงร่างฯ โปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริง					
1. โปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้กำหนดสิ่งต่างๆ ที่จะเกิดขึ้นในเหตุการณ์นั้นๆ					
2. โปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ สร้างความรู้สึกให้กับผู้เรียนได้อยู่ในสถาณการณ์นั้นๆ					
3. โปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้รับรู้ถึงปฏิสัมพันธ์ที่เกิดขึ้น โดยได้รับจากภาพ เสียง หรือสิ่งเร้าอื่นๆ					
4. โปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ มีการแสดงผลของสภาพแวดล้อมเสมือนที่มีความสมจริง					
5. โปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ เปิดโอกาศให้ผู้เรียนกำหนดสถานการณ์การต่างๆ ของโปรแกรมได้					
6. โปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ มีการแสดงผลที่เกิดจากสิ่งที่ผู้เรียนกำหนดและกระทำจนเกิดการแสดงออกทั้งในลักษณะ 3 มิติ แผนภูมิ กราฟ และตาราง					
7. โปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ แสดงชุดขององค์ประกอบของปรากฏการณ์ที่ส่งผลกระทบกันเป็นเชิงระบบ					
8. โปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ มีการแสดงองค์ประกอบของระบบได้อย่างครบถ้วนตรงตามทฤษฎีหรือแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อใช้ในการนำเสนออิทธิพลของแบบจำลองย่อยๆ ที่ส่งผลกันในเชิงระบบ					
9. โปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เผชิญกับคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ ออกแบบและวางแผน ตั้งคำถามวิจัย วัตถุประสงค์การวิจัย สมมติฐาน ออกแบบขั้นตอนการสืบสอบและเทคนิคการเลือกข้อมูล โดย					

ประเด็นพิจารณา	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
ตั้งอยู่บนคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ที่ผู้เรียนกำลังเผชิญอยู่ด้วยตนเองได้ ผ่านเทคโนโลยีไฮเพอร์ลิงค์ หรือวิดีโอ					
10. โปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้พิจารณาข้อค้นพบที่ได้จากการสืบสอบโดยอ้างอิงจากประจักษ์พยาน ผ่านการแสดงผลการทดลองด้วยกราฟและตารางแสดงข้อมูลผลการทดลอง					
11. โปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สร้างคำอธิบายโดยใช้ประจักษ์พยานที่ได้ ตีความด้วยมุมมองของทฤษฎีที่หลากหลาย พร้อมทั้งออกแบบวิธีการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นที่อาจส่งผลต่อความน่าเชื่อถือของประจักษ์พยานที่ได้					
12. โปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ใช้คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีสารสนเทศหรือเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ และการคิดเชิงคำนวน ซึ่งครอบคลุมปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ทุกรูปแบบ ทั้งด้วยการคำนวนด้วยมือเปล่า ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป หรือเขียนอัลกอรีทึม ในการวิเคราะห์ประจักษ์พยาน					
13. โปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เชื่อมโยงองค์ความรู้ที่ได้สู่องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์และตีความข้อมูล เขียนข้อสรุปและให้เหตุผลซึ่งผ่านการตรวจสอบอย่างถี่ถ้วน					
14. โปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีโอกาสได้สื่อสารและประเมินองค์ความรู้อย่างมีเหตุผล ตีความข้อสรุป นำแสดงต่อชุมชนเพื่อการสื่อสาร ยอมรับข้อค้นพบ และเพื่อการไตร่ตรองอย่างละเอียดจากผู้อื่น					
15. โปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ ยกประเด็นที่อีกฝ่ายนำเสนอ มาเป็นประเด็นตั้งต้น จากนั้นใช้คำว่า “แต่” เพื่อนำไปสู่การแสดงข้อคิดเห็นที่ขัดแย้งเพื่อโต้กลับ					

ประเด็นพิจารณา	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
16. โปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ให้ข้อมูล หรือชี้ประเด็นสำคัญที่อีกฝ่ายไม่ได้กล่าวถึงในขณะสร้างข้อโต้แย้ง					
17. โปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ให้หลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่ได้ให้ข้อมูลไปกับฝ่ายตรงข้ามในระหว่างสร้างข้อโต้แย้ง					
18. โปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ระบุความขัดแย้งของข้อโต้แย้งที่กำลังเป็นประเด็นในระหว่างการสร้างข้อโต้แย้ง					
19. โปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ประเมินการยอมรับได้ของแต่ละข้อโต้แย้งในระหว่างสร้างข้อโต้แย้ง					
20. โปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงข้อสรุปเพื่อนำเสนอเหตุและผลที่ใช้ในการกล่าวอ้าง โดยนำเสนอให้เห็นถึงประเด็นที่อีกฝ่ายนำเสนอ ข้อเสนอของตนที่ไม่ขัดแย้ง และหลักฐานที่ใช้ในการตีโต้กลับ					
21. โดยภาพรวมโปรแกรมสถานการณ์จำลองฯ สามารถส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นได้					
22. โดยภาพรวมโปรแกรมสถานการณ์จำลองฯ สามารถส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นได้					

ตอนที่ 2: ข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุง<u>โครงร่าง</u>โปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ

.....

.....

.....

ลงชื่อ

( )

ผู้เชี่ยวชาญ

ID

แบบทสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

คำชี้แจง

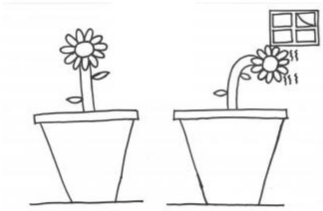
1. คะแนนจากแบบวัดฉบับนี้ไม่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนในโรงเรียนของนักเรียน
2. ข้อสอบแต่ละข้อจะมี 2 ส่วนย่อย โดยขอให้นักเรียนปฏิบัติดังนี้
   2.1 ให้ทำเครื่องหมาย x ลงในตัวเลือกที่ถูกต้อง สำหรับคำถามแต่ละส่วน
   2.2 ข้อสอบแต่ละข้อคะแนนเต็ม 2 คะแนน โดยมี เกณฑ์ ดังนี้

ตอบถูกทั้ง 2 ส่วน	2	คะแนน
ตอบถูกเพียงส่วนใดส่วนหนึ่ง	1	คะแนน
ตอบผิดทั้งสองส่วน	0	คะแนน

3. แบบวัดฉบับนี้เป็นลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ห้ามมิให้ทำซ้ำหรือเผยแพร่ก่อนได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรเป็นอันขาด

2

1.



ต้นที่ 1 ต้นที่ 2

คำถามส่วนที่ 1

ปลูกพืชชนิดเดียวกันไว้ในกระถางที่มีลักษณะดังภาพ โดยพืชทั้ง 2 กระถาง ได้รับการบำรุงรักษาเหมือนกันตลอด 2 สัปดาห์ และได้ผลดังภาพ นักเรียนคิดว่าสิ่งที่ทำให้พืชมีการเจริญตามภาพคือข้อใด

ก. แสงสว่าง

ข. น้ำ

ค. อุณหภูมิ

ง. แรงโน้มถ่วงของโลก

คำถามส่วนที่ 2 เพราะเหตุใดจึงตอบเช่นนั้น

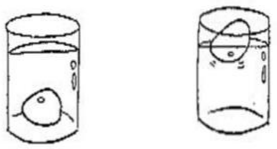
ก. อุณภูมิมีผลต่อการเจริญเติบโตของลำต้นที่ไม่เท่ากัน

ข. กระถางที่ไม่ได้รับน้ำจะเจริญเติบโตได้น้อย

ค. ลำต้นของพืชจำเจริญเติบโตโน้มเข้าหาแรงโน้มถ่วง

ง. แสงสว่างเป็นตัวแปรที่ส่งอิทธิพลต่อผลการทดลองให้มีความแตกต่างกัน

2.



A B

คำถามส่วนที่ 1

วัตถุทรงกลม 2 ก้อน มีลักษณะเหมือนกันทุกประการ นำไปลอยในของเหลว ได้ผลดังภาพ นักเรียนคิดว่าสิ่งที่เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้วัตถุทั้งสองลอยอยู่ในของเหลวได้ต่างกันคือข้อใด

ก. ความหนาแน่นของวัตถุ

ข. ความหนาแน่นของของเหลว

ค. ปริมาตรของของเหลว

ง. แรงโน้มถ่วงของโลก

3

คำถามส่วนที่ 2 เพราะเหตุใดจึงตอบเช่นนั้น.....

ก. ผลรวมของมวลในบีกเกอร์ทั้ง 2 แตกต่างกันจึงทำให้ตอบสนองต่อแรงโน้มถ่วงของโลกได้แตกต่างกัน

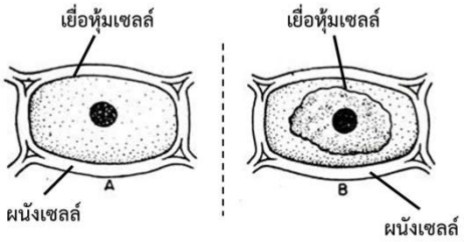
ข. ความหนาแน่นของของเหลวจะทำให้วัตถุที่มีความหนาแน่นเท่ากันลอยหรือจมต่างกัน

ค. วัตถุชนิดเดียวกัน มวลเท่ากัน รูปทรงเดียวกัน มีความหนาแน่นได้หลายค่า

ง. ปริมาตรของของเหลวที่ถูกแทนที่ด้วยวัตถุทรงกลมจะไม่เท่ากัน

3.

คำถามส่วนที่ 1 นักเรียน A และ B นำเซลล์พืชวางบนสารละลายชนิดเดียวกันก่อนปิดสไลด์แล้วนำไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ ได้ผลดังภาพ



คำถามส่วนที่ 1 สาเหตุที่ทำให้ภาพเซลล์พืชของนักเรียนทั้งสองต่างกันคือข้อใด

ก. ความเข้มข้นของสารละลาย

ข. ความเข้มแสงของกล้องจุลทรรศน์

ค. กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์

ง. ปริมาตรของสารละลาย

คำถามส่วนที่ 2 เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น....

ก. เมื่อเซลล์อยู่ในสารละลายที่มีปริมาตรต่างกันจะทำให้เกิดการออสโมซิสได้ต่างกัน

ข. เซลล์จะเหี่ยวเมื่ออยู่ในสารละลายที่มีความเข้มข้นกว่าในเซลล์

ค. ความเข้มแสงของกล้องจุลทรรศน์กระตุ้นผนังเซลล์ขยาย หรือหอได้ต่างกัน

ง. ภาพที่วาดเป็นการวาดภายใต้กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์ที่แตกต่างกัน

4

4.

<u>คำถามส่วนที่ 1</u> ภัชรมัย ต้องการทราบ pH ของสารละลายมีผลต่อการเจริญเติบโตของกุ้งกร้ามกรามหรือไม่ ภัชรมัยควรดำเนินการทดลองอย่างไร

ก. เลี้ยงกุ้งในบ่อเลี้ยง 3 บ่อ ที่ใช้ น้ำประปา น้ำบาดาล และน้ำคลอง ในการเลี้ยง

ข. เลี้ยงกุ้งในบ่อเลี้ยง 2 บ่อ ที่ใช้น้ำที่มีสมบัติเหมือนกัน แต่ปริมาตรไม่เท่ากัน

ค. เลี้ยงกุ้งในบ่อเลี้ยง 3 บ่อ โดยใช้น้ำที่มีสมบัติเหมือนกัน แต่มีจำนวนกุ้งไม่เท่ากัน

ง. เลี้ยงกุ้งในบ่อเลี้ยง 3 บ่อ โดยบ่อที่ 1 เติมเกลือ ส่วนบ่อที่ 2 เติม NaCl และบ่อที่ 3 เติมปูนขาว ลงไปแล้วรับปริมาตรของทั้ง 3 บ่อ ให้เท่ากัน

<u>คำถามส่วนที่ 2</u> เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น.....

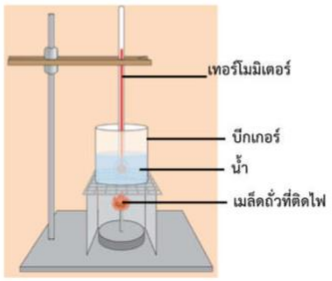
ก. จำนวนกุ้งที่ต่างกัน จะทำมีของเสียในบ่เลี้ยงต่างกัน ส่งผลถึง pH ในบ่เลี้ยงกุ้ง

ข. pH ของทั้ง 3 บ่อ แตกต่างกันจึงทำให้ระบุได้ชัดเจนว่าผลที่เกิดขึ้นมาจาก pH เท่านั้น ไม่ได้มาจากปริมาตร

ค. น้ำต่างชนิดกันย่อมมี pH ที่แตกต่างกันเสมอ

ง. น้ำชนิดเดียวกันแต่เมื่อถูกเจอจางให้มีปริมาตรต่างกันจะมี pH ต่างกัน

5.



เดชาทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบพลังงานจากเมล็ดถั่วชนิดต่างๆ ด้วยอุปกรณ์ดังภาพ

<u>คำถามส่วนที่ 1</u> ปริมาณของสิ่งใดบ้างที่ต้องตรวจวัดและบันทึกในช่วงเริ่มต้นและท้ายการทดลองเมื่อเผาเมล็ดถั่วให้ไหม้จนหมด

ก. อุณหภูมิของน้ำ

ข. มวลของบีกเกอร์

ค. ขนาดของเมล็ดถั่ว

ง. เวลาที่ใช้เผาไหม้ถั่วจนหมด

<u>คำถามส่วนที่ 2</u> เพราะเหตุใดจึงทำเช่นนั้น.....

ก. ขนาดของเมล็ดถั่วเป็นตัวกำหนดพลังที่สะสมในมวลของเมล็ดถั่ว

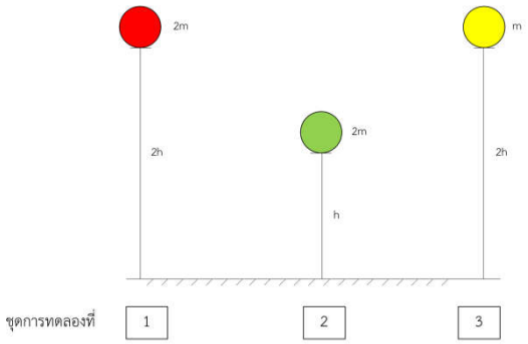
ข. อัตราการเผาไหม้ใช้เปรียบเทียบพลังงานจากเชื้อเพลิงได้

ค. การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของของเหลวสัมพันธ์กับปริมาณความร้อนของระบบ

ง. เมื่อบีกเกอร์ได้รับความร้อนจากการเผาถั่วจะเปลี่ยนแปลงสถานะไปบางส่วน

6.

ตูนปล่อยลูกเหล็กทรงกลมมวล 2m และ m ที่ระดับความสูงต่างกันลงบนพื้นทราย ดังภาพ



<u>คำถามส่วนที่ 1</u> หากตูนสงสัยว่าน้ำหนักของลูกเหล็กมีผลต่อการจมในทรายหรือไม่ ตูนควรเลือกทำการทดลองตามชุดการทดลองใด

ก. 1 และ 2

ข. 1 และ 3

ค. 2 และ 3

ง. 1, 2 และ 3

<u>คำถามส่วนที่ 2</u> เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น .....

ก. ตัวแปรที่ต้องควบคุมในการทดลองนี้ คือ มวลของลูกเหล็ก

ข. ตัวแปรที่ต้องควบคุมของการทดลองนี้ คือ ความสูง

ค. ตัวแปรอิสระของการทดลองนี้ คือ มวลของลูกเหล็ก

ง. ตัวแปรตามของการทดลองนี้ คือ ความสูง

7.

จากการทดสอบสารอาหาร 4 ชนิด ได้ผลดังตาราง

ชนิดอาหาร	สารละลายเบเนดิกต์	สารละเลยไอโอดีน	ถูกับกระดาษ
ก	สีส้ม	ม่วงเข้ม	โปร่งแสง
ข	สีฟ้า	ฟ้า	ไม่เปลี่ยน
ค	สีฟ้า	ฟ้า	ไม่เปลี่ยน
ง	สีส้ม	น้ำตาล	ไม่เปลี่ยน

<u>คำถามส่วนที่ 1</u> คนไข้ที่ถูกตัดตับอ่อนออกไปแล้ว ควรหลีกเลี่ยงอาหารชนิดใด

ก. อาหาร ก

ข. อาหาร ข

ค. อาหาร ค

ง. อาหาร ง

<u>คำถามส่วนที่ 2</u> เพราะเหตุใดนักเรียนจึงตอบเช่นนั้น .....

ก. อาหารที่ทำปฏิกริยากับไอโอดีนแสดงว่ามีส่วนผสมของแป้ง

ข. อาหารที่ทำปฏิกิริยากับสารละลายเบเนดิกต์มีส่วนประกอบเป็นน้ำตาล

ค. คนไข้จะขาดเอนไซม์ที่ช่วยแป้ง น้ำตาล และลิพิด

ง. คนไข้ไม่ควรรับประทานสารอาหารที่ทำปฏิปริยากับสารละลายไอโอดีน

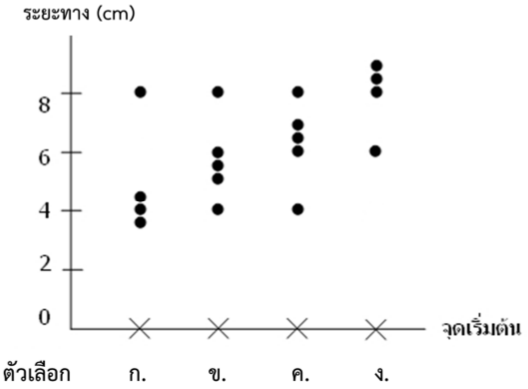
8.

กำหนดข้อมูลจากการทำโครมาโทกราฟีของสารมีสี 5 ชนิด ดังนี้

สาร	ระยะทางการเคลื่อนที่ (cm) ของ	
	สาร	ตัวทำละลาย
A	12.0	15.0
B	9.0	15.0
C	6.0	15.0
D	9.6	15.0
E	9.3	15.0

7

คำถามส่วนที่ 1 ถ้านำของผสมของสารทั้ง 5 ชนิด มา ทำโครมาโทกราฟี โดยตัวละลายเคลื่อนที่ไป 10 cm ผลลัพธ์ควรเป็นดังรูปในตัวเลือกข้อใด



คำถามส่วนที่ 2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงตอบเช่นนั้น.....

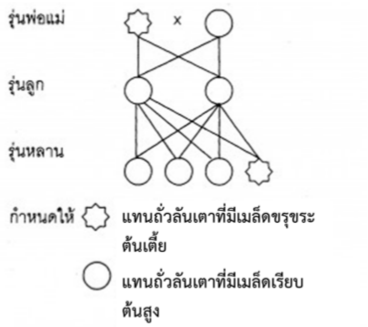
ก. สาร D ควรเคลื่อนที่ได้ไม่เกิน 6 เซนติเมตร

ข. สารทั้ง 5 ชนิดมีคุณสมบัติในการละลายในตัวทำละลายต่างกัน

ค. สารที่สามารถละลายได้มากสุดคือสาร A และควรมีระยะทางการเคลื่อนที่หลังการทดลองมากกว่า 8 เซนติเมตร

ง. สาร D และ E จะรวมเป็นจุดเดียวกัน

9.



คำถามส่วนที่ 1 จากภาพการศึกษาการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของถั่วลันเตา ข้อใดสรุปได้ถูกต้อง

ก. ถั่วลันเตาเมล็ดเรียบต้นสูงคือลักษณะด้อย

ข. ถั่วลันเตาเมล็ดขรุขระต้นเตี้ยคือลักษณะเด่น

ค. ถั่วลันเตารุ่นหลานต้นแรกจะเป็นถั่วลันเตาเมล็ดเรียบต้นสูงเสมอ

ง. ถั่วลันเตารุ่นหลานมีโอกาสเป็นต้นเมล็ดเรียบต้นสูงมากกว่า

8

คำถามส่วนที่ 2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงตอบ เช่นนั้น.....

ก. ลักษณะด้อยจะไม่ปรากฏในรุ่นลูกเสมอ

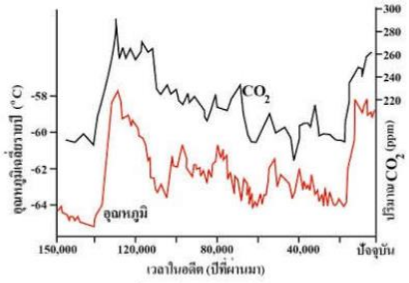
ข. สามารถแสดงลักษณะได้ในรุ่นลูก

ค. ลักษณะพันธุ์ทาง ใช้รุ่นลูกเป็นพาหะที่ไม่แสดงอาการ

ง. จากรุ่นพ่อแม่ รุ่นหลานที่ได้ต้นแรกจะได้ลักษณะเด่นเสมอ

10.

นักวิทยาศาสตร์ทำการศึกษาอุณหภูมิของโลกย้อนกลับไปในอดีตสี่แสนปี โดยการวิเคราะห์ฟองอากาศในแท่งน้ำแข็ง ซึ่งทำการขุดเจาะที่สถานีวิจัยวอสต็อก ทวีปแอนตาร์คติก ดังกราฟ



จากข้อมูลที่ได้ศึกษาจึงสรุปได้ว่า การเพิ่มปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เข้าสู่บรรยากาศของโลกยุคปัจจุบัน ย่อมทำให้อุณหภูมิของพื้นผิวโลกสูงขึ้นตามไปด้วย

คำถามส่วนที่ 1 จากข้อมูลนี้การกระทำในข้อใดจะช่วยลดอุณหภูมิของพื้นผิวโลกได้

ก. ใช้บัวรดน้ำแทนการใช้สายยางรดน้ำต้นไม้

ข. ปั่นจักรยานไปจ่ายตลาดแทนการขับรถไป

ค. ทาสีกันร้อนที่อาคารบ้านเรือน

ง. ปลูกผักสวนครัวไว้รับประทานเองที่บ้าน

คำถามส่วนที่ 2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงตอบเช่นนั้น.....

ก. การปั่นจักรยานไม่ต้องใช้เผาไหม้เชื้อเพลิงเพิ่มจึงไม่เพิ่ม CO_2

ข. สีกันร้อนช่วยให้ลดอุณหภูมิในตัวบ้าน เราไม่รู้สึกร้อนแสดงว่าโลกไม่ร้อนขึ้นด้วย

ค. ปลูกผักช่วยเพิ่ม O_2 ในชั้นบรรยากาศ และดูดซึม CO_2 มาสะสมไว้ในพืช

ง. สายยางรดน้ำต้นไม้ผลิตจากพลาสติก หากลดการใช้พลาสติกได้ก็ลดโลกร้อนได้

9

11.

*“จากปัญหาการขาดแคลนเชื้อเพลิงปิโตรเลียม จึงมีการสำรวจแหล่งปิโตรเลียมใหม่ๆ ขึ้น คำว่าสำรวจแหล่งปิโตรเลียมนี้ แท้จริงแล้วคือการสำรวจชั้นหินเป็นเบื้องต้นก่อน เมื่อพบ**ชั้นหินที่เป็นไปได้**จึงมีการสำรวจขุดเจาะตามมาภายหลัง...”*

คำถามส่วนที่ 1 จากข้อความนี้หินที่เป็นไปได้น่าจะหมายถึงข้อใด

ก. หินแกรนิต หินทราย

ข. หินปูน หินทราย

ค. หินชนวน หินบะซอลต์

ง. หินไนส์ หินดินดาน

คำถามส่วนที่ 2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงตอบเช่นนั้น.....

ก. หินที่เกิดจากลาวาที่เย็นตัวจะมีแก๊สธรรมชาติแทรกอยู่จำนวนมาก

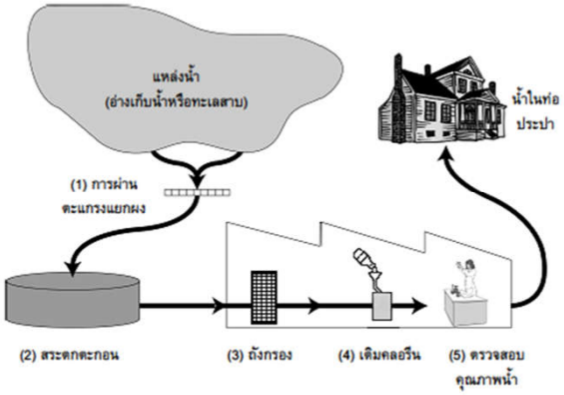
ข. หินที่มีรูพรุนจะมีแก๊สธรรมชาติแทรกอยู่ได้

ค. หินแปรจะมีแก๊สธรรมชาติแทรกตามชั้นของหินที่สามารถลอกออกเป็นแผนได้

ง. ในกระบวนการแปรสภาพของหินจะจะทำให้ซากพืชซากสัตว์

12.

จากภาพการทำน้ำประปา



ที่มาของภาพ: ดัดแปลงจากข้อสอบ PISA

คำถามส่วนที่ 1 แหล่งน้ำดิบที่ดีจะทำให้คุณภาพน้ำประปาดีขึ้นด้วย เพื่อที่จะมีน้ำประปาที่สะอาด ปลอดภัยสำหรับประชาชนและประหยัดต้นทุนการผลิต มากที่สุด นักเรียนคิดว่าการประปาควรใช้แหล่งน้ำจากที่ใด

ก. ห้วย

ข. แม่น้ำจากเทือกเขาสูง

ค. น้ำบาดาล

10

ง. ทะเลสาบ

<u>คำถามส่วนที่ 2</u> เพราะเหตุใดนักเรียนจึงตอบเช่นนั้น.....

ก. น้ำใต้ดินเป็นแหล่งน้ำที่สะอาดดีอยู่แล้วไม่ต้องเติมคลอลีนก็สามารถใช้ได้ทันที

ข. แหล่งน้ำเหนือดินที่มีขนาดใหญ่จะช่วยลดต้นทุนในการผลิตได้ดี เนื่องจากมีน้ำสำรองทั้งปี

ค. แหล่งน้ำไหลขนาดเล็กทำให้ลดขั้นตอนของการเติมสารตกตะกอนได้

ง. แหล่งน้ำไหลที่มีอัตราการไหลเร็ว จะทำให้ไม่มีตะกอนในน้ำจึงลดขั้นตอนของการกรองในถังกรองได้

แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

กิจกรรม: ค่ายส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ผู้สอน:.....

เรื่อง: ทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน

เวลา 60 นาที

.....

จุดประสงค์การเรียนรู้:

1) นักเรียนระบุสาเหตุของปัญหา พยากรณ์อิทธิพลของตัวแปรอิสระที่จะส่งผลต่อตัวแปรตาม ซึ่งสามารถพิสูจน์ได้ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทฤษฎีหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์เลือก และอธิบายสมมติฐานทางเลือกด้วยทฤษฎีหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้

2) นักเรียนแก้ปัญหาเพื่อนำไปสู่การได้มาซึ่งข้อสรุป ระบุวิธีการสำรวจตรวจสอบข้อเท็จจริงที่นำไปสู่การลงข้อสรุป ออกแบบการทดลอง โดยควบคุมตัวแปรอื่นๆ ใช้ทักษะการสังเกตรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย และใช้ระเบียบวิธีทางวิทยาศาสตร์ดั้งเดิมหรือวิธีการที่สร้างขึ้นใหม่ได้

3) นักเรียนระบุข้อสรุปของสถานการณ์โดยใช้ ข้อมูล หลักฐาน ข้อเท็จจริง และหลักฐานเชิงประจักษ์ อย่างสมเหตุสมผล และใช้ตรรกะในการกล่าวอ้างหรือตีความเพื่อลงข้อสรุป

4) นักเรียนระบุเหตุผลของการกระทำโดยใช้ทฤษฎีหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์สนับสนุน ระบุสาเหตุของการเข้าถึง และเข้าใจในปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้

5) นักเรียนสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้วิธีการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการพิสูจน์หรืออธิบาย ปรากฏการณ์ได้

6) นักเรียนใช้กระบวนการพิสูจน์ความสามารถของแบบจำลองที่ตนเองสร้างขึ้นก่อนนำไปใช้ได้

7) นักเรียนใช้กระบวนการศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ได้จากแบบจำลองได้

กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นนำ:

ครูพานักเรียนเข้าใช้งานห้องคอมพิวเตอร์ จากนั้นให้นักเรียนเปิดคอมพิวเตอร์แล้วเปิดโปรแกรมเบราเซอร์

นักเรียนพิมพ์ URL: http://gg.gg/chula_SR_pretest แล้วกด Enter

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นสอน:

นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน

ขั้นสรุป:

ครูนัดหมายว่าในชั่วโมงถัดไปจะเป็นการทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ก่อนเรียน

การประเมินผลการเรียนรู้

ประเมินโดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

กิจกรรม: ค่ายส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ผู้สอน:.....

เรื่อง: ทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ก่อนเรียน

เวลา 60 นาที

.....

จุดประสงค์การเรียนรู้:

1) นักเรียนระบุสาเหตุของปัญหา พยากรณ์อิทธิพลของตัวแปรอิสระที่จะส่งผลต่อตัวแปรตาม ซึ่งสามารถพิสูจน์ได้ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทฤษฎีหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์เลือก และอธิบายสมมติฐานทางเลือกด้วยทฤษฎีหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้

2) นักเรียนแก้ปัญหาเพื่อนำไปสู่การได้มาซึ่งข้อสรุป ระบุวิธีการสำรวจตรวจสอบข้อเท็จจริงที่นำไปสู่การลงข้อสรุป ออกแบบการทดลอง โดยควบคุมตัวแปรอื่นๆ ใช้ทักษะการสังเกตรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย และใช้ระเบียบวิธีทางวิทยาศาสตร์ดั้งเดิมหรือวิธีการที่สร้างขึ้นใหม่ได้

3) นักเรียนระบุข้อสรุปของสถานการณ์โดยใช้ ข้อมูล หลักฐาน ข้อเท็จจริง และหลักฐานเชิงประจักษ์ อย่างสมเหตุสมผล และใช้ตรรกะในการกล่าวอ้างหรือตีความเพื่อลงข้อสรุป

4) นักเรียนระบุเหตุผลของการกระทำโดยใช้ทฤษฎีหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์สนับสนุน ระบุสาเหตุของการเข้าถึง และเข้าใจในปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้

5) นักเรียนสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้วิธีการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการพิสูจน์หรืออธิบาย ปรากฏการณ์ได้

6) นักเรียนใช้กระบวนการพิสูจน์ความสามารถของแบบจำลองที่ตนเองสร้างขึ้นก่อนนำไปใช้ได้

7) นักเรียนใช้กระบวนการศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ได้จากแบบจำลองได้

กิจกรรมการเรียนรู้

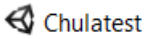
ขั้นนำ:

ครูพานักเรียนเข้าใช้งานห้องคอมพิวเตอร์ จากนั้นให้นักเรียนเปิดคอมพิวเตอร์แล้วเปิดโปรแกรมเบราเซอร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

นักเรียนพิมพ์ URL: http://www.vrsim4learning.com/scientific/ChulaSim2019.rar แล้วกด Enter

นักเรียนกดดาวน์โหลดและทำการ Unzip ไฟล์

นักเรียนเข้าสอบโดยคลิ๊กที่ไอคอน 

ขั้นสอน:

นักเรียนทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ก่อนเรียน

ขั้นสรุป:

ครูนัดหมายว่าในชั่วโมงถัดไปจะเป็นการเรียนเกี่ยวกับรายวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ให้นักเรียนมาเข้าร่วมกิจกรรมกันอย่างพร้อมเพรียงที่ห้องคอมพิวเตอร์

การประเมินผลการเรียนรู้

ประเมินโดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

กิจกรรม: ค่ายส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ผู้สอน:.....

เรื่อง: โมดูลนักพยากรณ์

เวลา 2 ชั่วโมง

.....

ผลการเรียนรู้:

1) นักเรียนระบุสาเหตุของปัญหา พยากรณ์อิทธิพลของตัวแปรอิสระที่จะส่งผลต่อตัวแปรตาม ซึ่งสามารถพิสูจน์ได้ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทฤษฎีหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์เลือก และอธิบายสมมติฐานทางเลือกด้วยทฤษฎีหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้

2) นักเรียนแก้ปัญหาเพื่อนำไปสู่การได้มาซึ่งข้อสรุป ระบุวิธีการสำรวจตรวจสอบข้อเท็จจริงที่นำไปสู่การลงข้อสรุป ออกแบบการทดลอง โดยควบคุมตัวแปรอื่นๆ ใช้ทักษะการสังเกตรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย และใช้ระเบียบวิธีทางวิทยาศาสตร์ดั้งเดิมหรือวิธีการที่สร้างขึ้นใหม่ได้

3) นักเรียนระบุข้อสรุปของสถานการณ์โดยใช้ ข้อมูล หลักฐาน ข้อเท็จจริง และหลักฐานเชิงประจักษ์ อย่างสมเหตุสมผล และใช้ตรรกะในการกล่าวอ้างหรือตีความเพื่อลงข้อสรุป

4) นักเรียนระบุเหตุผลของการกระทำโดยใช้ทฤษฎีหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์สนับสนุน ระบุสาเหตุของการเข้าถึง และเข้าใจในปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้

5) นักเรียนสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้วิธีการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการพิสูจน์หรืออธิบาย ปรากฏการณ์ได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6) นักเรียนใช้กระบวนการพิสูจน์ความสามารถของแบบจำลองที่ตนเองสร้างขึ้นก่อนนำไปใช้ได้

7) นักเรียนใช้กระบวนการศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ได้จากแบบจำลองได้

จุดประสงค์การเรียนรู้:

1) นักเรียนตั้งคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ได้

2) นักเรียนตั้งสมติฐานเชิงวิทยาศาสตร์ได้

3) นักเรียนใช้กลยุทธ์การโต้แย้งเพื่อพัฒนาทักษะองค์ความรู้ของตนเองได้

4) นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้

5) นักเรียนสามารถใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ในการแสวงหาองค์ความรู้ได้

สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

คำถามเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง คำถามที่สามารถชี้นำไปสู่การใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ตั้งสมมติฐาน และออกแบบกระบวนการพิสูจน์เพื่อหาคำตอบได้

สมมติฐานทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง คำตอบที่คาดหมายไว้ซึ่งได้จากการรวบรวมข้อมูลและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องมาเป็นข้อกล่าวอ้างสนับสนุนคำตอบนั้น

กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นนำ:

บทบาทของโปรแกรมสถานการณ์จำลองฯ	บทบาทของนักเรียน
- นำเสนอภาพแผนที่กระแสน้ำบริเวณใกล้หมู่บ้านซึ่งเกิดเหตุการณ์ปลาตายจำนวนมาก และมีโรงงาน 3 โรงงานที่อยู่ต้นน้ำและอาจก่อให้เกิดมลพิษทางน้ำ หรือ สร้างปัจจัยที่ไม่เอื้อต่อการดำรงชีวิตของปลา เช่น โรงงานน้ำตาล โรงงานผลิตไบโอเอทานอล และโรงงานผลิตรถยนต์	- พิจารณาปัจจัยแวดล้อมของสถานการณ์ - ศึกษาตัวอย่างการตั้งคำถามเชิงวิทยาศาสตร์

ขั้นสอน:

บทบาทของโปรแกรมสถานการณ์จำลองฯ	บทบาทของนักเรียน
- แสดง Text input ให้นักเรียนกรอกคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ของสถานการณ์ที่พบ - สุ่ม คำถามเชิงวิทยาศาสตร์ขึ้นมาแสดงให้เห็นเป็นตัวอย่าง	- พิมพ์คำถามเชิงวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับสถานการณ์ - พิจารณาคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ที่ปรากฏให้เห็น
- แสดง Text input ให้นักเรียนกรอกสมมติฐานที่เกี่ยวข้องกับคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ที่ตั้ง - สุ่ม คำถาม และสมมติฐานเชิงวิทยาศาสตร์ที่เพื่อนๆ ได้ตั้งไว้แล้วหรือระบบสร้างไว้ให้เป็น	- พิมพ์สมมติฐาน

บทบาทของโปรแกรมสถานการณ์จำลองฯ	บทบาทของนักเรียน
ตัวอย่าง	
- แสดง Text input ให้นักเรียนใช้กลยุทธ์การแย้งทั้ง 6 ขั้นตอนในการโต้แย้งเกี่ยวกับการตั้งสมมติฐานของเพื่อนๆ	- พิจารณาประเด็นโต้แย้งของเพื่อนๆ และร่วมโต้แย้ง

ขั้นสรุป:

นักเรียนจะได้สรุปประเด็นสำคัญที่ได้จากการโต้แย้งโดยใช้กลยุทธ์การแย้งแต่ละรอบ

การประเมินผลการเรียนรู้

1) โปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ ตรวจนับจำนวนครั้งของการเข้าร่วมโต้แย้ง ซึ่งต้องเข้าร่วม 3 ครั้งขึ้นไป จึงจะไปยังโมดูลนักพิสูจน์ได้

2) ประเมินความสามารถด้านการตั้งสมมติฐานโดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

กิจกรรม: ค่ายส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ผู้สอน:.....

เรื่อง: โมดูลนักพิสูจน์

เวลา 2 ชั่วโมง

.....

ผลการเรียนรู้:

1) นักเรียนระบุสาเหตุของปัญหา พยากรณ์อิทธิพลของตัวแปรอิสระที่จะส่งผลต่อตัวแปรตาม ซึ่งสามารถพิสูจน์ได้ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทฤษฎีหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์เลือก และอธิบายสมมติฐานทางเลือกด้วยทฤษฎีหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้

2) นักเรียนแก้ปัญหาเพื่อนำไปสู่การได้มาซึ่งข้อสรุป ระบุวิธีการสำรวจตรวจสอบข้อเท็จจริงที่นำไปสู่การลงข้อสรุป ออกแบบการทดลอง โดยควบคุมตัวแปรอื่นๆ ใช้ทักษะการสังเกตรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย และใช้ระเบียบวิธีทางวิทยาศาสตร์ดั้งเดิมหรือวิธีการที่สร้างขึ้นใหม่ได้

3) นักเรียนระบุข้อสรุปของสถานการณ์โดยใช้ ข้อมูล หลักฐาน ข้อเท็จจริง และหลักฐานเชิงประจักษ์ อย่างสมเหตุสมผล และใช้ตรรกะในการกล่าวอ้างหรือตีความเพื่อลงข้อสรุป

4) นักเรียนระบุเหตุผลของการกระทำโดยใช้ทฤษฎีหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์สนับสนุน ระบุสาเหตุของการเข้าถึง และเข้าใจในปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้

5) นักเรียนสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้วิธีการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการพิสูจน์หรืออธิบาย ปรากฏการณ์ได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6) นักเรียนใช้กระบวนการพิสูจน์ความสามารถของแบบจำลองที่ตนเองสร้างขึ้นก่อนนำไปใช้ได้

7) นักเรียนใช้กระบวนการศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ได้จากแบบจำลองได้

จุดประสงค์การเรียนรู้:

1) นักเรียนระบุตัวแปรอิสระ และตัวแปรควบคุม ของการทดลองเพื่อสืบสอบเกี่ยวกับการถ่ายโอนความร้อนได้

2) นักเรียนเข้าใจความสัมพันธ์เชิงพหุของตัวแปรที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิของของเหลวผสม

3) นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้

4) นักเรียนสามารถใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ในการแสวงหาองค์ความรู้ได้

สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

การถ่ายโอนควาร้อน คือ การวัดพลังงานความร้อนที่ถ่ายโอนระหว่างสสารที่มีมวลและความร้อนเฉพาะตัว โดยตรวจวัดได้จากอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปของสสาร

กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นนำ:

บทบาทของโปรแกรมสถานการณ์จำลองฯ	บทบาทของนักเรียน
- นำเสนอคำชี้แจงถึงแนวปฏิบัติของการเรียนรู้ในโมดูลนักพิสูจน์	- ศึกษาแนวปฏิบัติ
- นำเสนอหลักการ และสมการที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายโอนความร้อน	- ศึกษาหลักการ และทฤษฎีที่โปรแกรมนำเสนอ

ขั้นสอน:

บทบาทของโปรแกรมสถานการณ์จำลองฯ	บทบาทของนักเรียน
- แสดงปุ่มให้เลือกว่าจะควบคุมตัวแปรควบคุมใดบ้าง	- คลิกเลือกชุดการทดลองที่มีตัวแปรควบคุมแตกต่างกันออกไป
- แสดง Slider ให้เลื่อนเพื่อระบุปริมาณของตัวแปรอิสระ	- เลื่อน Slider เพื่อระบุปริมาณของตัวแปรอิสระ
- แสดงแอนิเมชันการเติมสารละลายร้อน และเย็นลงในบ่อของเหลวผสม - แสดงแอนิเมชันแสดงการเปลี่ยนแปลงอุณภูมิในหน่วยองศาเคลวิน	- พิจารณาองค์ประกอบที่เปลี่ยนแปลงไปในระบบ
- แสดงปุ่ม “ผลการทดลอง” - เมื่อกดปุ่ม “แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระทั้ง 3 ตัวแปร ที่มีต่อตัวแปรตามตัวเดียวกัน”	- พิจารณาและหาข้อสรุปว่าปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่ออุณหภูมิของของเหลวผสมบ้างโดนสังเกตจากกราฟผลการทดลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ขั้นสรุป:

โปรแกรมแสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระทั้ง 3 ตัวแปร ที่มีต่อตัวแปรตามตัวเดียวกัน (อุณหภูมิของของเหลวผสม)

การประเมินผลการเรียนรู้

1) โปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ ตรวจนับจำนวนครั้งของทำการทดลองซ้ำในแต่ชะชุดการทดลอง ซึ่งแต่ละชุดการทดลองนักเรียนจะต้องทำซ้ำ 5 ครั้ง เพื่อให้ได้ข้อมูลมากพอในการสรุปความสัมพันธ์ขอตัวแปรอิสระกับตัวแปรตามเป็นอย่างไร

2) ประเมินความสามารถด้านการควบคุมและออกแบบการทดลองโดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียน

3) ประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรมแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5

กิจกรรม: ค่ายส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ผู้สอน:.....

เรื่อง: โมดูลประเมิน

เวลา 2 ชั่วโมง

.....

ผลการเรียนรู้:

1) นักเรียนระบุสาเหตุของปัญหา พยากรณ์อิทธิพลของตัวแปรอิสระที่จะส่งผลต่อตัวแปรตาม ซึ่งสามารถพิสูจน์ได้ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทฤษฎีหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์เลือก และอธิบายสมมติฐานทางเลือกด้วยทฤษฎีหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้

2) นักเรียนแก้ปัญหาเพื่อนำไปสู่การได้มาซึ่งข้อสรุป ระบุวิธีการสำรวจตรวจสอบข้อเท็จจริงที่นำไปสู่การลงข้อสรุป ออกแบบการทดลอง โดยควบคุมตัวแปรอื่นๆ ใช้ทักษะการสังเกตรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย และใช้ระเบียบวิธีทางวิทยาศาสตร์ดั้งเดิมหรือวิธีการที่สร้างขึ้นใหม่ได้

3) นักเรียนระบุข้อสรุปของสถานการณ์โดยใช้ ข้อมูล หลักฐาน ข้อเท็จจริง และหลักฐานเชิงประจักษ์ อย่างสมเหตุสมผล และใช้ตรรกะในการกล่าวอ้างหรือตีความเพื่อลงข้อสรุป

4) นักเรียนระบุเหตุผลของการกระทำโดยใช้ทฤษฎีหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์สนับสนุน ระบุสาเหตุของการเข้าถึง และเข้าใจในปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้

5) นักเรียนสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้วิธีการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการพิสูจน์หรืออธิบาย ปรากฏการณ์ได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6) นักเรียนใช้กระบวนการพิสูจน์ความสามารถของแบบจำลองที่ตนเองสร้างขึ้นก่อนนำไปใช้ได้

7) นักเรียนใช้กระบวนการศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ได้จากแบบจำลองได้

จุดประสงค์การเรียนรู้:

1) นักเรียนสามารถเลือกใช้ประจักษ์พยานที่เหมาะสมในการลงความเห็นได้

2) นักเรียนใช้กลยุทธ์การโต้แย้งในการพัฒนาองค์ความรู้และความสามารถของตนเองได้

3) นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้

4) นักเรียนสามารถใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ในการแสวงหาองค์ความรู้ได้

สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

การประเมินประจักษ์พยาน หมายถึง การระบุขอสรุปของสถานการณโดยใชขอมูลหลักฐานขอเท็จจริง และหลักฐานเชิงประจักษอย่างสมเหตุสมผล และใชตรรกะในการกลาวอ้างหรือตีความเพื่อลงขอสรุป

กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นนำ:

-

ขั้นสอน:

บทบาทของโปรแกรมสถานการณ์จำลองฯ	บทบาทของนักเรียน
- ปุ่ม “ข้อมูลช่วยตัดสินใจ” ใช้เรียกหน้าต่างแสดงค่าตัวแปรของน้ำที่ถูกปลดปล่อยออกจากโรงงานทั้ง 3 โรงงาน - แสดง Dropdown list ให้นักเรียนเลือกว่าโรงงานใดที่มีโอกาสเป็นต้นเหตุของสถานการณ์ปลาตายของหมู่บ้าน - แสดง Text input ให้นักเรียนกรอกรายการของประจักษ์พยานที่ใช้ประกอบคำตอบ	- คลิ๊กดูค่าตัวแปรต่างๆ ของน้ำที่แต่ละโรงงานปลดปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ - เลือกคำตอบว่าโรงงานใดเห็นสาเหตุ - อธิบายเพิ่มเติมว่ามีหลักฐานใดที่ใช้ในการสนับสนุนคำตอบนั้น
- สุ่ม คำตอบและหลักฐานที่เพื่อนๆ ใช้การตอบมาแสดงเป็นตัวอย่าง 10 รายการ	- เลือกคำตอบและหลักฐานที่ไม่เห็นด้วย
- แสดง Text input ให้ผู้เรียนใช้ในการโต้แย้ง	- โต้แย้งโดยใช้กลยุทธ์การแย้ง

ขั้นสรุป:

ในขั้นตอนสุดท้ายของแต่ละรอบการแย้งนักเรียนจะต้องระบุทั้งประเด็นที่เห็นด้วย และไม่เห็นด้วยของหัวข้อที่กำลังโต้แย้ง

การประเมินผลการเรียนรู้

1) โปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ ตรวจนับจำนวนครั้งของการโต้แย้ง นักเรียนจะต้องเข้าร่วมกันโต้แย้ง 3 ครั้ง ขึ้นไป จึงจะสามารถข้ามไปยังโมดูลผู้รู้แจ้งได้

2) ประเมินความสามารถด้านการประเมินประจักษ์พยานโดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6

กิจกรรม: ค่ายส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ผู้สอน:.....

เรื่อง: โมดูลผู้รู้แจ้ง

เวลา 2 ชั่วโมง

.....

ผลการเรียนรู้:

1) นักเรียนระบุสาเหตุของปัญหา พยากรณ์อิทธิพลของตัวแปรอิสระที่จะส่งผลต่อตัวแปรตาม ซึ่งสามารถพิสูจน์ได้ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทฤษฎีหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์เลือก และอธิบายสมมติฐานทางเลือกด้วยทฤษฎีหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้

2) นักเรียนแก้ปัญหาเพื่อนำไปสู่การได้มาซึ่งข้อสรุป ระบุวิธีการสำรวจตรวจสอบข้อเท็จจริงที่นำไปสู่การลงข้อสรุป ออกแบบการทดลอง โดยควบคุมตัวแปรอื่นๆ ใช้ทักษะการสังเกตรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย และใช้ระเบียบวิธีทางวิทยาศาสตร์ดั้งเดิมหรือวิธีการที่สร้างขึ้นใหม่ได้

3) นักเรียนระบุข้อสรุปของสถานการณ์โดยใช้ ข้อมูล หลักฐาน ข้อเท็จจริง และหลักฐานเชิงประจักษ์ อย่างสมเหตุสมผล และใช้ตรรกะในการกล่าวอ้างหรือตีความเพื่อลงข้อสรุป

4) นักเรียนระบุเหตุผลของการกระทำโดยใช้ทฤษฎีหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์สนับสนุน ระบุสาเหตุของการเข้าถึง และเข้าใจในปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้

5) นักเรียนสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้วิธีการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการพิสูจน์หรืออธิบาย ปรากฏการณ์ได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6) นักเรียนใช้กระบวนการพิสูจน์ความสามารถของแบบจำลองที่ตนเองสร้างขึ้นก่อนนำไปใช้ได้

7) นักเรียนใช้กระบวนการศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ได้จากแบบจำลองได้

จุดประสงค์การเรียนรู้:

1) นักเรียนระบุเหตุผลของการดำเนินการทางวิทยาศาสตร์ได้

2) นักเรียนใช้กลยุทธ์การโต้แย้งในการพัฒนาองค์ความรู้และความสามารถของตนเองได้

3) นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้

4) นักเรียนสามารถใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ในการแสวงหาองค์ความรู้ได้

สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

การใช้องค์ความรู้ที่เกี่ยวกับความจริง หมายถึง การระบุเหตุผลของการกระทำ โดยใชทฤษฎีหรือหลักการทางวิทยาศาสตรสนับสนุน ระบุสาเหตุของการเขาถึง และเขาใจในปรากฏการณที่เกิดขึ้น

กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นนำ:

บทบาทของโปรแกรมสถานการณ์จำลองฯ	บทบาทของนักเรียน
- โปรแกรมสานการณ์จำลองนำนักเรียนเข้าไปยังโลกเสมือน จากนั้นนักเรียนจะต้องเดินไปหาตัวละครนำทาง เพื่อเข้าสู่โมดูลผู้รู้แจ้ง	- เข้าร่วมกิจกรรมในโลกเสมือนอย่างตื่นตัว

ขั้นสอน:

บทบาทของโปรแกรมสถานการณ์จำลองฯ	บทบาทของนักเรียน
- แสดง Redio input ประเด็นคำถามเกี่ยวกับองค์ความรู้ที่เกี่ยวกับความจริงฯ	- เลือกคำถามที่เกี่ยวกับการใช้องค์ความรู้ที่เกี่ยวกับความจริง
- แสดง Text input ให้นักเรียนกรอกคำตอบ	- กรอกคำตอบขอคำถามโดยอ้างอิงหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องมาประกอบให้มากที่สุด
- สุ่ม คำตอบของเพื่อนๆ มาแสดงเป็นตัวอย่าง 10 รายการ	- พิจารณาคำตอบของเพื่อนๆ
- แสดง Text input ให้นักเรียนโต้แย้งโดยใช้กลยุทธ์การแย้ง	- พิมพ์เพื่อโต้แย้งแนวคิด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นสรุป:

ในขั้นตอนสุดท้ายของแต่ละรอบการแย้งนักเรียนจะต้องระบุทั้งประเด็นที่เห็นด้วย และไม่เห็นด้วยของหัวข้อที่กำลังโต้แย้ง

การประเมินผลการเรียนรู้

1) โปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ ตรวจนับจำนวนครั้งของการโต้แย้ง นักเรียนจะต้องเข้าร่วมกันโต้แย้ง 3 ครั้ง ขึ้นไป จึงจะถือว่าเรียนรู้โดยใช้โปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ สำเร็จ

2) ประเมินความสามารถด้านการการใช้องค์ความรู้ที่เกี่ยวกับความจริงโดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7

กิจกรรม: ค่ายส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ผู้สอน:.....

เรื่อง: ทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียน

เวลา 60 นาที

.....

จุดประสงค์การเรียนรู้:

1) นักเรียนระบุสาเหตุของปัญหา พยากรณ์อิทธิพลของตัวแปรอิสระที่จะส่งผลต่อตัวแปรตาม ซึ่งสามารถพิสูจน์ได้ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทฤษฎีหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์เลือก และอธิบายสมมติฐานทางเลือกด้วยทฤษฎีหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้

2) นักเรียนแก้ปัญหาเพื่อนำไปสู่การได้มาซึ่งข้อสรุป ระบุวิธีการสำรวจตรวจสอบข้อเท็จจริงที่นำไปสู่การลงข้อสรุป ออกแบบการทดลอง โดยควบคุมตัวแปรอื่นๆ ใช้ทักษะการสังเกตรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย และใช้ระเบียบวิธีทางวิทยาศาสตร์ดั้งเดิมหรือวิธีการที่สร้างขึ้นใหม่ได้

3) นักเรียนระบุข้อสรุปของสถานการณ์โดยใช้ ข้อมูล หลักฐาน ข้อเท็จจริง และหลักฐานเชิงประจักษ์ อย่างสมเหตุสมผล และใช้ตรรกะในการกล่าวอ้างหรือตีความเพื่อลงข้อสรุป

4) นักเรียนระบุเหตุผลของการกระทำโดยใช้ทฤษฎีหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์สนับสนุน ระบุสาเหตุของการเข้าถึง และเข้าใจในปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้

5) นักเรียนสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้วิธีการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการพิสูจน์หรืออธิบาย ปรากฏการณ์ได้

6) นักเรียนใช้กระบวนการพิสูจน์ความสามารถของแบบจำลองที่ตนเองสร้างขึ้นก่อนนำไปใช้ได้

7) นักเรียนใช้กระบวนการศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ได้จากแบบจำลองได้

กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นนำ:

ครูพานักเรียนเข้าใช้งานห้องคอมพิวเตอร์ จากนั้นให้นักเรียนเปิดคอมพิวเตอร์แล้วเปิดโปรแกรมเบราเซอร์

นักเรียนพิมพ์ URL: http://gg.gg/chula_SR_postest แล้วกด Enter

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นสอน:

นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน

ขั้นสรุป:

ครูนัดหมายว่าในชั่วโมงถัดไปจะเป็นการทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ก่อนเรียน

การประเมินผลการเรียนรู้

ประเมินโดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8

กิจกรรม: ค่ายส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ผู้สอน:.....

เรื่อง: ทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์หลังเรียน

เวลา 60 นาที

.....

จุดประสงค์การเรียนรู้:

1) นักเรียนระบุสาเหตุของปัญหา พยากรณ์อิทธิพลของตัวแปรอิสระที่จะส่งผลต่อตัวแปรตาม ซึ่งสามารถพิสูจน์ได้ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทฤษฎีหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์เลือก และอธิบายสมมติฐานทางเลือกด้วยทฤษฎีหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้

2) นักเรียนแก้ปัญหาเพื่อนำไปสู่การได้มาซึ่งข้อสรุป ระบุวิธีการสำรวจตรวจสอบข้อเท็จจริงที่นำไปสู่การลงข้อสรุป ออกแบบการทดลอง โดยควบคุมตัวแปรอื่นๆ ใช้ทักษะการสังเกตรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย และใช้ระเบียบวิธีทางวิทยาศาสตร์ดั้งเดิมหรือวิธีการที่สร้างขึ้นใหม่ได้

3) นักเรียนระบุข้อสรุปของสถานการณ์โดยใช้ ข้อมูล หลักฐาน ข้อเท็จจริง และหลักฐานเชิงประจักษ์ อย่างสมเหตุสมผล และใช้ตรรกะในการกล่าวอ้างหรือตีความเพื่อลงข้อสรุป

4) นักเรียนระบุเหตุผลของการกระทำโดยใช้ทฤษฎีหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์สนับสนุน ระบุสาเหตุของการเข้าถึง และเข้าใจในปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้

5) นักเรียนสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้วิธีการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการพิสูจน์หรืออธิบาย ปรากฏการณ์ได้

6) นักเรียนใช้กระบวนการพิสูจน์ความสามารถของแบบจำลองที่ตนเองสร้างขึ้นก่อนนำไปใช้ได้

7) นักเรียนใช้กระบวนการศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ได้จากแบบจำลองได้

กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นนำ:

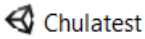
ครูพานักเรียนเข้าใช้งานห้องคอมพิวเตอร์ จากนั้นให้นักเรียนเปิดคอมพิวเตอร์แล้วเปิดโปรแกรม

เบราเซอร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

นักเรียนพิมพ์ URL: http://www.vrsim4learning.com/scientific/ChulaSim2019.rar แล้วกด Enter

นักเรียนกดดาวน์โหลดและทำการ Unzip ไฟล์

นักเรียนเข้าสอบโดยคลิ๊กที่ไอคอน 

ขั้นสอน:

นักเรียนทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์หลังเรียน

ขั้นสรุป:

ครูกล่าวขอบคุณนักเรียนที่ให้ความร่วมมือในการเรียนรู้

การประเมินผลการเรียนรู้

ประเมินโดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เอกสารหมายเลข 14

แบบประเมินและรับรองโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

ชื่อหัวข้อวิทยานิพนธ์	โมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง INSTRUCTIONAL DESIGN MODEL OF VIRTUALITY SIMULATION USING ARGUMENT-BASED INQUIRY FOR COMPUTATIONAL MODELING AND SCIENTIFIC REASONING ABLITY
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรสุข ตันตระรุ่งโรจน์
อาจารย์ที่ปรึกษารอง	รองศาสตราจารย์ ดร.ใจทิพย์ ณ สงขลา
ผู้วิจัย	นายเจตนิพิฐ แท่นทอง นิสิตหลักสูตรครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา ภาควิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำชี้แจง

แบบประเมินและรับรองโมเดลฯ ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินและรับรองโมเดลการออกแบบออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

แบบประเมินและรับรองโมเดลฯ ประกอบด้วยข้อคำถาม จำนวน 3 ตอน ได้แก่

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ประเมินและรับรอง

ตอนที่ 2 การประเมินความเหมาะสมของโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

ตอนที่ 3 การรับรองโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ประเมินและรับรอง

ชื่อผู้ประเมินโมเดล .....

ตำแหน่ง .....

สถานที่ทำงาน .....

ตอนที่ 2 การประเมินความเหมาะสมของโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

คำชี้แจง โปรดพิจารณาและแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับของโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง จนครบถ้วนแล้วท่านเห็นว่าโมเดลฯ ที่ผู้วิจัยได้พัฒนา (เอกสารหมายเลข 13) ขึ้นมีความเหมาะสมหรือไม่อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

3

ตอนที่ 3 การรับรองโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

คำชี้แจง โปรดพิจารณาการรับรองโมเดลฯ ซึ่งเป็นแบบสอบถามแบบมาตรประมาณค่า (Rating Scale) 4 ระดับ ได้แก่ ดีมาก (4 คะแนน) ดี (3 คะแนน) พอใช้ (2 คะแนน) และ ต้องปรับปรุง (1 คะแนน) โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ☐ ตามความคิดเห็นของท่าน เมื่อท่านได้ศึกษารายละเอียดของโมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

ผลการประเมิน

- ☐ ดีมาก
- ☐ ดี
- ☐ พอใช้
- ☐ ควรปรับปรุง

โปรดแสดงความคิดเห็นและให้ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(ลงชื่อ).....ผู้ประเมินและรับรอง

( )

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. 2562

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณท่านเป็นอย่างสูง
ที่กรุณาประเมินและรับรองโมเดลในครั้งนี้
นายเจตนิพิฐ แท่นทอง
ผู้วิจัย

เอกสารหมายเลข 16

แบบประเมินและรับรองรูปแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

ชื่อหัวข้อวิทยานิพนธ์ โมเดลการออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง
INSTRUCTIONAL DESIGN MODEL OF VIRTUALITY SIMULATION USING ARGUMEN-BASED INQUIRY FOR COMPUTATIONAL MODELING AND SCIENTIFIC REASONING ABLITY

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรสุข ตันตระรุ่งโรจน์

อาจารย์ที่ปรึกษารอง รองศาสตราจารย์ ดร.ใจทิพย์ ณ สงขลา

ผู้วิจัย นายเจตนิพิฐ แท่นทอง
นิสิตหลักสูตรครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา
ภาควิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะครุศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำชี้แจง

แบบประเมินและรับรองโมเดลฯ ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินและรับรองโมเดลการออกแบบออกแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

แบบประเมินและรับรองโมเดลฯ ประกอบด้วยข้อคำถาม จำนวน 3 ตอน ได้แก่

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ประเมินและรับรอง

ตอนที่ 2 การประเมินความเหมาะสมของรูปแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

ตอนที่ 3 การรับรองรูปแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ประเมินและรับรอง

ชื่อผู้ประเมินรูปแบบ .....

ตำแหน่ง .....

สถานที่ทำงาน .....

ตอนที่ 2 การประเมินความเหมาะสมของรูปแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

คำชี้แจง โปรดพิจารณาและแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับรูปแบบของสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง จนครบถ้วนแล้วท่านเห็นว่ารูปแบบฯ ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น (เอกสารหมายเลข 15) มีความเหมาะสมหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

3

ตอนที่ 3 การรับรองรูปแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

คำชี้แจง โปรดพิจารณาการรับรองรูปแบบ ซึ่งเป็นแบบสอบถามแบบมาตรประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ได้แก่ มีความเหมาะสมมากที่สุด (5 คะแนน) มีความเหมาะสมมาก (4 คะแนน) มีความเหมาะสมปานกลาง (3 คะแนน) มีความเหมาะสมน้อย (2 คะแนน) และ มีความเหมาะสมน้อยที่สุด (1 คะแนน) โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงตารางด้านล่างตามความคิดเห็นของท่าน เมื่อท่านได้ศึกษารายละเอียดรูปแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบบนฐานการโต้แย้ง

ประเด็นพิจารณา	**ระดับความคิดเห็น**				
	5	**4**	**3**	**2**	**1**
1. องค์ประกอบของสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ					
1.1 ความจริงเสมือน					
1.2 สถานการณ์จำลอง					
1.3 คุณลักษณะสำคัญของการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์					
1.4 กลยุทธ์การโต้แย้ง					
2. โมดูลการเรียนรู้					
2.1 โมดูลนักพยากรณ์					
2.2 โมดูลนักพิสูจน์					
2.3 โมดูลนักประเมิน					
2.4 โมดูลผู้รู้แจ้ง					
3. กิจกรรมการเรียนรู้ภายในโมดูล					
4. วิธีการประเมินผลการเรียนรู้					
5. การออกแบบกลยุทธ์การสอน					
6. การนำโปรแกรมสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ ไปใช้จริง					

4

ผลการประเมินภาพรวมของรูปแบบสถานการณ์จำลองเสมือนจริงฯ

- ☐ ดีมาก
- ☐ ดี
- ☐ พอใช้
- ☐ ควรปรับปรุง

โปรดแสดงความคิดเห็นและให้ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(ลงชื่อ).....ผู้ประเมินและรับรอง

( )

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. 2562

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณท่านเป็นอย่างสูง
ที่กรุณาประเมินและรับรองรูปแบบสถานการณ์จำลองในครั้งนี้

นายเจตนิพิฐ แท่นทอง
ผู้วิจัย

ภาคผนวก ค
ผลการสังเคราะห์คำนิยามและองค์ประกอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 18 การสังเคราะห์องค์ประกอบของความจริงเสมือน

Merchant et al. (2012)	Ai-Lim Lee, Wong, and Fung (2010)	สุภาภรณ์ ศรีดี (2546)	Sherman and Craig (2003)	Burdea and Coiffet (2003)	ผลการสังเคราะห์
ปฏิสัมพันธ์ของผู้เรียน (learner's interaction) หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนที่จะกำหนดสิ่งต่างๆ ที่จะเกิดขึ้นในเหตุการณ์นั้นๆ ในสภาพแวดล้อมเสมือนด้วยตัวผู้เรียนเอง ซึ่งจะช่วยให้ผุ้เรียนสามารถที่จะสำรวจ จัดการ หมุนภาพ และมองวัตถุจากมุมมองที่หลากหลาย เช่น ผู้เรียนสามารถสังเกตพันธะเคมีของ	การมีปฏิสัมพันธ์ (interaction) เช่น ความสามารถในการใช้งานได้ (useability) ความฉับไวในการควบคุม หมายถึง ความสามารถที่จะเปลี่ยนมุมมองหรือทิศทางที่ลื่นไหลของสภาพแวดล้อม ความสามารถที่จะหยิบจับสิ่งของ ทดสอบและจัดการกับวัตถุต่างๆ ในโลกเสมือนนั้นได้ และประสบการณ์	ลักษณะของการมีปฏิสัมพันธ์ (Interactive) ต้องมีการโต้ตอบกันได้ มีการสื่อสารเป็นแบบ 2 ทางได้	การเป็นสื่อของการสื่อสาร (medium of communication) การมีปฏิสัมพันธ์ (interaction)	ปฏิสัมพันธ์ (interaction หรือ interactivity) ภาระงาน (task)	ปฏิสัมพันธของผูเรียน (learner's interaction) หมายถึง ความสามารถของระบบที่เปดโอกาสใหผูเรียนกำหนด สิ่งตางๆ ที่จะเกิดขึ้นในเหตุการณนั้นๆ ในสภาพแวดลอมเสมือนดวยตัวผูเรียนเอง ซึ่งจะชวยใหผุเรียนสามารถที่จะสำรวจ จัดการหมุนภาพ และมองวัตถุจากมุมมองที่หลากหลาย เชน ผูเรียนสามารถสังเกตพันธะเคมีของโมเลกุลไดทั้ง 360

CHULALONGKORN UNIVERSITY จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Merchant et al. (2012)	Ai-Lim Lee, Wong, and Fung (2010)	สุภาภรณ์ ศรีดี (2546)	Sherman and Craig (2003)	Burdea and Coiffet (2003)	ผลการสังเคราะห์
โมเลกุลได้ทั้ง 360 องศา	ทางการเรียนรู้ (learning experience) เช่น ประสบการณ์ของผู้เรียนที่ได้รับในขณะอยู่ในพื้นที่จำลองของสื่อนั้น				องศา ซึ่งสามารถแบงเปนองคประกอบยอยได 2 องคประกอบ ดังนี้ 2.1.1 ความสามารถในการใชงานได (useability) หมายถึง ความสามารถที่จะหยิบจับสิ่งของ ทดสอบ และจัดการกับวัตถุตางๆ ในโลก เสมือนนั้นได 2.1.2 ประสบการณทางการเรียนรู (learning experience) หมายถึง ประสบการณของผูเรียนที่ไดรับในขณะอยูในพื้นที่จำลอง

CHULALONGKORN UNIVERSITY จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Merchant et al. (2012)	Ai-Lim Lee, Wong, and Fung (2010)	สุภาภรณ์ ศรีดี (2546)	Sherman and Craig (2003)	Burdea and Coiffet (2003)	ผลการสังเคราะห์
					ของสื่อนั้น ผานทาง ภาระงาน (task) การจดจอของผูใช (immersion) หมายถึง การสรางความรูสึกใหกับผูใชวาไดอยูในสถาณการณนั้นจริงๆ เชน การมีบทบาทเปนตัวละครที่ดำเนินกิจกรรมในสภาพแวดลอมเสมือนนั้นๆ
		ลักษณะของการกระตุ้น (Simulate) ต้องมีการใช้ปราสาทสัมผัสทั้ง 5 (อาจจะไม่ต้องครบก็ได้ แต่อย่างน้อย มีการใช้ตา หู ปาก และการสัมผัสส่วนรส กับกลิ่น กำลังพัฒนาอยู่ว่าจะออกมาในรูปแบบใด)	การจัดให้มีส่วนร่วมเชิงกายภาพ (physical immersion) การให้ผลป้อนกลับเชิงความรู้สึก (sensory feedback)	การฝังตัวของผู้ใช้ (immersion)	
		การใช้คอมพิวเตอร์สร้างขึ้น (Computer Generate) ต้องมีการใช้คอมพิวเตอร์ในการควบคุมการสื่อสารนั้น		เครื่องมือความจริงเสมือน (VR engine) อุปกรณ์นำเข้า และส่งออก (I/O devices)	

Merchant et al. (2012)	Ai-Lim Lee, Wong, and Fung (2010)	สุภาภรณ์ ศรีดี (2546)	Sherman and Craig (2003)	Burdea and Coiffet (2003)	ผลการสังเคราะห์
				โปรแกรมและฐานข้อมูล (software and databases) ผู้ใช้ (user) การรู้สึกได้ว่ามีอยู่ (presence)	การรูสึกไดวามีอยู (presence) หมายถึง การที่ผูใช้สามารถรับรูได้ถึงปฏิสัมพันธที่เกิดและไดรับจาก ภาพ เสียง หรือสิ่งเราอื่นๆ กลาวคือ เป็นประสบการณที่ไดรับจากความจริงเสมือนไมใชความรู สึกวาเขาไปอยูในสภาพแวดลอมเชิงกายภาพนั้นจริงๆ
ความแม่นยำเชิงการ	ความเป็นจริง		การจัดให้มีการกระตุ้น	จินตนาการ	ความแมนยำเชิงการ

Merchant et al. (2012)	Ai-Lim Lee, Wong, and Fung (2010)	สุภาภรณ์ ศรีดี (2546)	Sherman and Craig (2003)	Burdea and Coiffet (2003)	ผลการสังเคราะห์
เป็นสิ่งแทนความจริง (representational fidelity) หมายถึง หน้าจอแสดงผลที่สมจริงของสภาพแวดล้อมเสมือน ซึ่งสามารถถูกเติมเต็มด้วยลักษณะทางกายภาพของสภาพแวดล้อม เช่น ภาพกราฟฟิก การเปลี่ยนมุมกล้อง และความแน่นอนของพฤติกรรมของวัตถุ เช่น ภาพที่ใช้แทนโมเลกุล 3 มิติ สร้างการรับรู้ของการมองภาพโมเลกุลจริงได้	(realism) ของวัตถุ		ความรู้สึกด้วยสิ่งเสมือนจริง (synthetic sensory stimulation)	(imagination) จินตนาการ หมายถึง ความสามารถของผู้ใช้ในการเชื่อมโยงสิ่งที่เกี่ยวข้องแต่ไม่มีอย่จริงได้	เปนสิ่งแทนความจริง (representational fidelity) หมายถึง การแสดงผลที่สมจริงของสภาพแวดลอมเสมือนซึ่งสามารถ เชน ภาพกราฟฟก การเปลี่ยนมุมกลอง และความแน่นอนของพฤติกรรมของวัตถุ เชน ภาพที่ใชแทนโมเลกุล 3 มิติ สรางการรับรูของการมองภาพโมเลกุลจริงได การแสดงพฤติกรรมเชิงฟสิกสที่ถูกตองเมื่อวัตถุถูกกระตุน

Chulalongkorn University

ตารางที่ 19 การสังเคราะห์ความหมายของความจริงเสมือน

Lee and Wong (2014)	Whisker and The Pennsylvania State University (2008)	Dodd and Antonenko (2012)	Sherman and Craig (2003)	Loftin, Chen, and Rosenblum (2005, อ้างถึงใน Ausburn & Ausburn, 2014)	Rebelo, Noriega, Duarte, and Soares (2012)	Merchant et al. (2012)	Furht (2008)	**ผลการสังเคราะห์**
ความจริงเสมือนบนหน้าจอหมายถึง ภาพ 3 มิติ ซึ่งถูกสร้างขึ้นในสภาพแวดล้อมมัลติมีเดียแล้วแสดงผลบนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ซึ่งสามารถถูกสำรวจตรวจสอบ	ความจริงเสมือนบนหน้าจอหมายถึงภาพ 2.5 มิติ ที่ถูกนำเสนอในแบบมุมมองบุคคลที่ 1 บนจอภาพ โดยปราศจากการจดจ่อร่างกาย	ความจริงเสมือนบนหน้าจอ เป็นสื่อที่มีการจดจ่อร่างกายและสามารถส่งถ่ายโดยใช้อินเตอร์เน็ตและต้องการอุปกรณ์คำนวนเพียงแค่เกรดที่มีขายตาม	ความเสมือนจริง (virtual reality) หมายถึงสื่อกลางสำหรับการสื่อสารที่ต้องมีการมีส่วนร่วมเชิงกายภาพ (physical immersion) มีการกระตุ้น	ความจริงเสมือนเป็นชุดของเทคโนโลยีที่บรูณาการกันไว้ซึ่งมีหน้าจอแสดงผลมัลติมีเดียและมีปฏิสัมพันธ์กับสารสนเทศในเวลาจริง เปิดโอกาสให้ผู้ใช้ดำรงตัวตน	ความจริงเสมือนเป็นช่องทางของการขนส่งผู้คนไปยังความจริง ที่ซึ่งเขาเหล้านั้นไม่ได้อยู่ในสภาพแวดล้อมทางกายภาพนั้นจริงๆ แต่รู้สึกได้อย่างเช่น การใช้สถานการณ์จำลองในการ	ความจริงเสมือนบนหน้าจอ (desktop virtual reality) คือ สถานการณ์จำลองของสภาพแวดล้อมจริง หรือ สิ่งแทนในรูป 3 มิติของมโนทัศน์เชิงนามธรรม (abstract	ความจริงเสมือนบนหน้าจอ (desktop virtual reality) เป็นรูปแบบหนึ่งของความจริงเสมือนที่ใช้หน้าจอแสดงผลของคอมพิวเตอร์ในการนำเสนอ	แอพพลิเคชันที่แสดงสถานการณจำลองของสภาพแวดลอมจริง หรือ สิ่งแทนความจริงในรูป 3 มิติของมโนทัศนเชิงนามธรรม ผานมุมมองบุคคลที่ 1 ที่ถูกสรางขึ้นจากเทคโนโลยีคอมพิวเตอรที่ซึ่งผูใช้มีความสามารถที่จะ

Lee and Wong (2014)	Whisker and The Pennsylvania State University (2008)	Dodd and Antonenko (2012)	Sherman and Craig (2003)	Loftin, Chen, and Rosenblum (2005, อ้างถึงใน Ausburn & Ausburn, 2014)	Rebelo, Noriega, Duarte, and Soares (2012)	Merchant et al. (2012)	Furht (2008)	ผลการสังเคราะห์
ได้โดยการใช้คีย์บอร์ด เมาส์ จอยสติ๊ก หรือหน้าจอสัมผัส หูฟัง แว่นตาชัตเตอร์ (shutter glasses) และถุงมือข้อมูล (data groves) ความจริงเสมือนแบบหน้าจอจะควรจะเป็นเกมส์สถาณการณ์จำลอง หรือโลก		ท้องตลาดที่ให้ความสนใจกับเมาส์ จอยสติ๊ก หรือช่องว่างเซนเซอร์บอล เพื่อใช้ในการนำทางผ่านสภาพแวดล้อม 3 มิติ บนหน้าจอกราฟฟิกภายใต้การควบคุมโดยใช้คอมพิวเตอร์โดยความจริง	ความรู้สึกด้วยสิ่งเสมือนจริง (synthetic sensory stimulation) สามารถเข้าถึงการคิดของผู้ใช้มีปฏิสัมพันธ์กันกับผู้ใช้ และต้องมีผลป้อนกลับเชิงความรู้สึก (sensory feedback)	นำทาง และจัดการกิบสภาพแวดล้อมที่คอมพิวเตอร์สร้างไว้ให้ได้	สร้างแบบจำลองนั้นจะช่วยให้ผู้ใช้เข้าไปมีปฏิสัมพันธ์กับวัตถุ 3 มิติ ผ่านทางการมองเห็นหรือรับรู้ความรู้สึกจากสภาพแวดล้อมได้ นอกจากนี้ความจริงเสมือนยังสามารถนำผู้ใช้เข้าไปอยู่ในสภาพแวดล้อมที่	concept) ที่ถูกสร้างขึ้นจากเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ที่ซึ่งผู้ใช้มีความสามารถที่จะมีปฏิสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมจำลองนั้นได้แบบเวลาจริงโดยใช้อุปกรณ์ควบคุมที่หลากหลาย ผู้ใช้	แอพพลิเคชันความจริงเสมือน โดยความจริงเสมือน (virtual reality) เป็นเทคโนโลยีที่ใช้จัดประสบการณ์ที่เกือบจะจริงและ/หรือเชื่อถือได้ผ่านทางวิธีการที่สังเคราะห์ขึ้น	มีปฏิสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมจำลองนั้นได้แบบเวลาจริงโดยใช้อุปกรณ์ควบคุมที่หลากหลายและแสดงผลด้วยหน้าจอคอมพิวเตอร์

Lee and Wong (2014)	Whisker and The Pennsylvania State University (2008)	Dodd and Antonenko (2012)	Sherman and Craig (2003)	Loftin, Chen, and Rosenblum (2005, อ้างถึงใน Ausburn & Ausburn, 2014)	Rebelo, Noriega, Duarte, and Soares (2012)	Merchant et al. (2012)	Furht (2008)	ผลการสังเคราะห์
เสมือน และถึงแม้ว่าจะไม่มีการจดจ่อร่างกายแต่ความรู้สึกของการมีตัวตนในสภาพแวดล้อมก็ยังคงเกิดขึ้นได้ผ่านความแม่นยำเชิงการเป็นตัวแทนและการสร้างปฏิสัมพันธ์ของผู้ใช้มากกว่าที่จะ		เสมือนบนหน้าจอจะเปิดโอกาสให้ผู้สอนได้นำเสนอสิ่งแทนที่มีความสมจริงและผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับการจัดการวัตถุต่างๆ ในสภาพแวดล้อมนั้นซึ่งความจริงเสมือนบนหน้าจอสามารถ	ด้วย ซึ่งจะมีหรือไม่มีสภาพแวดล้อมแบบร่วมมือ (collaborative environment) ก็ได้ไม่ใช่องค์ประกอบสำคัญ และได้อธิบายเพิ่มเติมไว้ว่า การมีส่วนร่วมเชิงกายภาพ (physical		คอมพิวเตอร์สร้างขึ้นโดยกระตุ้นความรู้สึกผ่านทางอุปกรณ์	สามารถใช้งานแอพพลิเคชันความจริงเสมือนบนหน้าจอบนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่มีความละเอียดในการแสดงผลในระดับสูง และใช้เมาส์ในการนำทาง	หรือเสมือนจริงซึ่งความจริงเสมือนบนหน้าจอจะใช้จอคอมพิวเตอร์เป็นตัวนำเสนอโปรแกรมต่อผสาน (interface) กับผู้ใช้ จริงเสมือนบนหน้าจอเป็นเทคโนโลยีที่คุ้มค่าในด้านการลงทุนเมื่อ	

Lee and Wong (2014)	Whisker and The Pennsylvania State University (2008)	Dodd and Antonenko (2012)	Sherman and Craig (2003)	Loftin, Chen, and Rosenblum (2005, อ้างถึงใน Ausburn & Ausburn, 2014)	Rebelo, Noriega, Duarte, and Soares (2012)	Merchant et al. (2012)	Furht (2008)	**ผลการสังเคราะห์**
ตัดสินที่ลักษณะของสภาพแวดล้อม		ใช้เป็นกลยุทธ์สำหรับการพัฒนาสมรรถนะของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี	immersion) เป็นการนำตัวเองเข้าไปอยู่ในสื่อ สิ่งเร้าเสมือนส่งต่อมายังร่างกายจริง				เปรียบเทียบกับความจริงเสมือนแบบที่มีการจดจ่อร่างกาย (immersive virtual reality) แบบอื่นๆ	

CHULALONGKORN UNIVERSITY จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 20 การสังเคราะห์ความหมายของสถานการณ์จำลอง

Guetzkow, Kotler, and Schultz (1972)	Jones (1982)	Regeiut and Schwartz (1989)	Alessi and Trollip (2001)	ดวงธิดา รักษาแก้ว (2552)	อัญชนา กลิ่นเทียน (2553)	de Jong and van Joolingen (1998, อ้างถึงใน Rutten, van Joolingen, & van der Veen, 2012)	Tun, Alinier, Tang, and Kneebone (2015)	Lin, Liu, and Sweller (2015)	ผลการสังเคราะห์
การปฏิบัติการที่ใช้แบบจำลองหรือกระบวนการต่างๆ ให้คล้ายคลึงกับสภาพที่เป็นจริง โดยฝึกให้ผู้อยู่ในสถานการณ์ได้ฝึกปฏิบัติ และแก้ปัญหาต่างๆ ด้วยตนเอง	ไม่ใช่การเล่นหรือเกมเพื่อความสนุกสนาน ไม่ใช่บทบาทสมมติหรือละคร แต่กิจกรรมสถานการณ์จำลองเป็นเหตุการณ์หนึ่งซึ่งไม่ใช่การสอนของครู แต่ร นักเรียนเป็นผู้ที่เข้าร่วมในเหตุการณ์นั้น และเป็นผู้ที่ทำให้	การจำลองสถานการณ์ที่นักเรียนสามารถนพเอาความสามารถที่มีอยู่มาใช้กับกระบวนการหรือการประยุกต์หลักการ ภายใต้สถานการณ์เงื่อนไขที่เป็นจริง โดยเฉพาะการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์จะ	วิธีการเลียนแบบหรือสร้างสถานการณ์ เพื่อทดแทนสภาพจริงในชีวิตประจำวัน เพื่อการเรียนรู้ในชั้นเรียนเป็นการจูงใจให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ โดยเข้าไปมีส่วนร่วมเกี่ยวข้อง เช่า การควบคุมเหตุการณ์ การตัดสินใจ การ	การสมมติเหตุการณ์เพื่อเลียนแบบให้มีลักษณะคล้ายคลึงกับความจริง เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาเหตุการณ์นั้น	กระบวนการที่ผู้สอนใช้ช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด โดยให้นักเรียนลงไปเล่นในสถานการณ์ที่มีบทบาท ข้อมูล และกติกาการเล่นที่สะท้อนความเป็นจริง และมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งต่างๆ ที่อยู่นสถานการณ์	โปรแกรมที่มีแบบจำลองของระบบธรรมชาติ หรือ สิ่งทีมนุษย์สร้างขึ้น เช่น เครื่องมือ หรือ กระบวนการต่างๆ	กิจกรรมที่แทนความจริงหรือกิจกรรมที่แทนมีศักยภาพของโลกจริง ซึ่งรวมไปถึงสถานการณ์สมมติ (hypothetical situation) ของอย่างหายนะต่างๆ และอาจรวมไปถึงการฝึกปฏิบัติทักษะ เช่น ขั้นตอนการผ่าตัดไปจนถึงฝกฝน	โปรแกรมที่ผู้ใช้สามารถจัดการกับค่าต่างๆ ของตัวแปรและได้รับผลของการจัดกระทำนั้นทันทีภายใต้สูตรที่กำหนดเอาไว้	สถานการ์จำลอง หมายถึง โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีการจะลองสถานการณ์ โดยใช้แบบจำลองของระบบธรรมชาติ หรือ สิ่งทีมนุษย์สร้างขึ้น เช่น เครื่องมือ หรือ กระบวนการต่างๆ ให้มีลักษระคล้ายคลึงกับความจริง และผู้ใช้สามารถจัดการกับค่าต่างๆ ของตัวแปร

Guetzkow, Kotler, and Schultz (1972)	Jones (1982)	Regeiut and Schwartz (1989)	Alessi and Trollip (2001)	ดวงธิดา รักษาแก้ว (2552)	อัญชนา กลิ่นเทียน (2553)	de Jong and van Joolingen (1998, อ้างถึงใน Rutten, van Joolingen, & van der Veen, 2012)	Tun, Alinier, Tang, and Kneebone (2015)	Lin, Liu, and Sweller (2015)	ผลการสังเคราะห์
	เหตุการณ์นั้นดำเนินต่อไป โดยนักเรียนจะได้รับมอบหมายหน้าที่ภารกิจในสังคมและความรับผิดชอบที่เกี่ยวข้องอยู่ในสถานการณ์นั้น ซึ่งต้องมีแก้ปัญหา และการตัดสินใจรวมอยู่ด้วย ส่วนครูจพเป็นผู้กำหนดเวลาเริ่มต้น และเวลาจบของกิจกรรม	ช่วยให้เกิดปฏิสัมพันธ์กับนักเรียน ช่วยให้นักเรียนมีความชำนาญและเชี่ยวชาญในกระบวนการและการใช้ทักษะกระบวนการคิดขั้นสูงได้	โต้ตอบกับสิ่งที่เกิดขึ้นในสถานการณ์จำลองได้ โดยที่ในชีวิตจริงผู้เรียนอาจไม่สามารถแสดงปฏิกิริยาในสิ่งที่เป็นจริงได้ สถานการณ์จำลองจะลดความยุ่งยากซับซ้อนของเหตุการจริง เช่น ลดรายละเอียด ลดโอกาสที่จะเกิดขึ้น เป็นต้น ในสถานการณ์		นั้น โดยจะลอกเลียนแบบสถานการณ์จริงให้มากที่สุด ให้นักเรียนได้กระทำ เพื่อฝึกการแก้ปัญหาและตัดสินใจจากสภาพการณ์ที่เขากำลังเผชิญอยู่นั้น ราวกับเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นกับตัวเขาเองโดยตรง และนักเรียนยังมีโอกาสทราบว่าความคิดเห็นของเขานั้นเป็น		การสื่อสารกับผู้ป่วยจำลอง	และได้รับผลของการจัดกระทำนั้นทันท่วงที เกิดการเรียนรู้และมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาเหตุการณ์นั้น

Guetzkow, Kotler, and Schultz (1972)	Jones (1982)	Regeiut and Schwartz (1989)	Alessi and Trollip (2001)	ดวงธิดา รักษาแก้ว (2552)	อัญชนา กลิ่นเทียน (2553)	de Jong and van Joolingen (1998, อ้างถึงใน Rutten, van Joolingen, & van der Veen, 2012)	Tun, Alinier, Tang, and Kneebone (2015)	Lin, Liu, and Sweller (2015)	ผลการสังเคราะห์
	สถานการณ์จำลองเท่านั้น		จำลองผู้เรียนต้องแก้ไขปัญหา		อย่างไร ถูกต้องแตกต่าง หรือเหมือนกับเพื่อนอย่างไร จากการอภิปรายร่วมกับเพื่อนและผู้สอน				

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 21 การสังเคราะห์องค์ประกอบของสถานการณ์จำลอง

Aldrich (2009)	Liu, Kinshuk, Lin, and Wang (2012)	Clough, Olson, and Niederhauser (2013)	Landriscina (2013)	Foronda, Liu, and Bauman (2013)	ผลการสังเคราะห์
1) การกระทำ (Action) การกระทำ หมายถึง สิ่งต่างๆ ที่ผู้เรียนสามารถกระทำกับสิ่งนั้นๆ ได้ ซึ่งสะท้อนให้ผู้ใช้เห็นได้ผ่านโปรแกรมต่อประสาน (interface) และผู้เรียนเข้าถึงได้โดยใช้เมาส์ คีบอร์ด หรืออุปกรณ์นำเข้าอื่นๆ				- ปฏิสัมพันธ์	ปฏิสัมพันธ์ (interaction) หมายถึง การที่ผู้ใช้สามารถจัดกระทำกับแบบจำลองใดๆ ในระบบ เพื่อให้เกิดผลลัพธ์บางอย่าง รวมถึงการที่ระบบมีการให้ข้อมูลย้อนกลับถึงผลของการกระทำนั้น
2) การให้ข้อมูลย้อนกลับและผลลัพธ์ (feedback and result) การให้ข้อมูลย้อนกลับและผลลัพธ์ หมายถึง การแสดงผลการกระทำต่อระบบแก่ผู้เรียน ซึ่งผลที่เกิดขึ้นนั้นต้องมา	สิ่งแทนความจริงเชิงพหุที่มีการเชื่อมโยงอย่างเป็นพลวัต (dynamic linked multiple representation หรือ DLMR) ซึ่งเครื่องมือนี้จะช่วยนำเสนอสิ่งแทนความ				การให้ข้อมูลย้อนกลับและผลลัพธ์ (feedback and result) หมายถึง การนำเสนอผลของการกระทำต่อระบบให้กับผู้เรียน ซึ่งผลที่เกิดขึ้นนั้นต้องมาจากการกระทำผลผู้เรียน

Aldrich (2009)	Liu, Kinshuk, Lin, and Wang (2012)	Clough, Olson, and Niederhauser (2013)	Landriscina (2013)	Foronda, Liu, and Bauman (2013)	ผลการสังเคราะห์
จากการกระทำผลผู้เรียน	จริงที่หลากหลายได้มากมาย เช่น กราฟ และแผนภาพ และยังเปิดโอกาสให้ผู้เรียนสังเกตการเปลี่ยนแปลงของส่งที่เป็นผลจากการจัดการกับค่าต่างๆ				
2) ระบบ (system) ระบบ หมายถึง สภาพแวดล้อมของวัตถุที่ผู้เรียนสามารถเข้าไปจัดกระทำได้ ซึ่งหมายรวมถึงวัตถุอื่นๆ ที่เป็นสภาพแวดล้อมทางอ้อม เช่น อาคาร แผนที่ ชุมชน เป็นต้น		การแสดงหรืออธิบายถึงสิ่งใดสิ่งหนึ่งในระดับที่ยอมรับได้ (downplay) และอาจมองข้ามประสบการณ์ตรงไปได้ในบางที	2) ระบบ (system) หมายถึง ชุดขององค์ประกอบที่แตกต่างกันที่ซึ่งก่อให้เกิดผลลัพธ์ที่ไม่สามารถเกิดขึ้นได้ด้วยองค์ประกอบเดี่ยว	สถานการณ์ปลายเปิด	ระบบ (system) หมายถึง ชุดของสิ่งแทนความจริงที่มีการเชื่อมโยงอย่างเป็นพลวัตซึ่งก่อให้เกิดเป็นสถานการณ์และสภาพแวดล้อม
			1) แบบจำลอง (model) หมายถึง สิ่งแทนอย่างง่ายของความจริงหรือระบบที่		แบบจำลอง (model) หมายถึง สิ่งแทนคความจริงที่มีการลดรายละเอียดลงแต่อยู่

Aldrich (2009)	Liu, Kinshuk, Lin, and Wang (2012)	Clough, Olson, and Niederhauser (2013)	Landriscina (2013)	Foronda, Liu, and Bauman (2013)	ผลการสังเคราะห์
			ถูกจินตนาการขึ้น		ในระดับที่รับได้

ตารางที่ 22 การสังเคราะห์ความหมายของการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์

Hansen, Barnett, MaKinster, and Keating (2004)	Wu et al. (2013)	Deutsch et al. (2016)	ผลการสังเคราะห์
วิธีการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้วิธีการสร้างและออกแบบแบบจำลอง	กระบวนการสร้างแบบจำลองโดยใช้เครื่องมือที่เป็นคอมพิวเตอร์ ตัวอย่างเช่น โปรแกรม Model-it ซึ่งย่อยขั้นตอนการสร้างแบบจำลองให้อยู่ในรูปแบบที่ใช้ง่าย และสามารถนำเสนอได้หลากหลายรูปแบบ เพื่อให้ผู้เรียนสร้างแบบจำลองที่มีพลวัตโดยไม่ต้องใช้ทักษะทางคณิตศาสตร์ขั้นสูงใดๆ ส่วนโปรแกรม Powersim สามารถสนับสนุนผู้เรียนให้สร้างสมมติฐาน ออกแบบการทดลอง และประเมินแบบจำลองได้ ซึ่งการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์จะช่วยให้ผู้ใช้ทำความเข้าใจตัวแปรที่ซับซ้อนที่ส่งผลต่อปรากฏการณ์ต่างๆ ได้อย่างลึกซึ้ง เช่น การทำความเข้าใจว่าผีเสื้อที่อยู่บลาซิลก่อให้เกิดภายุใต้ฝุ่นที่ออสเตรเลียได้อย่างไร เป็นต้น	สถานการณ์จำลองชนิดหนึ่ง ที่ใช้คณิตศาสตร์ ฟิสิกส์ และวิทยาการคอมพิวเตอร์ ในการศึกษาพฤติกรรมของระบบโดยใช้โปรแกรมสถานการณ์จำลอง ซึ่งแบบจำลองคอมพิวเตอร์ประกอบด้วยตัวแปรเชิงตัวเลขที่เป็นลักษณะเฉพาะของระบบที่กำลังศึกษา และสถานการณ์จำลองนั้นถูกปรับแต่งตัวแปรและสังเกตความเปลี่ยนแปลงผ่านทางแบบจำลองที่ถูกพยากรณ์ไว้องคอมพิวเตอร์ประกอบด้วยตัวแปรเชิงตัวเลขที่เป็นลักษณะเฉพาะของระบบที่กำลังศึกษา และสถานการณ์จำลองนั้นถูกปรับแต่งตัวแปรและสังเกตความเปลี่ยนแปลงผ่านทางแบบจำลองที่ถูกพยากรณ์ไว้	วิธีการสืบเสาะหาความรู้โดยอาศัยกระบวนการสร้างแบบจำลองโดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือในการสร้าง และใช้คณิตศาสตร์ ฟิสิกส์ และวิทยาการคอมพิวเตอร์ ในการศึกษาพฤติกรรมของระบบ

ตารางที่ 23 การสังเคราะห์ความหมายของการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์

Hodson (2014)	Hershkovitz et al. (2013)	Nowak et al. (2013)	Yeh et al. (2012)	National Research Council (1996, อ้างถึงใน Grigg et al., 2013)	NSTA (2004)	ผลการสังเคราะห์
ระเบียบวิธีการสืบสอบที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการแสวงหาองค์ความรู้ ซึ่งถือได้ว่าเป็นการทำให้เข้าใจเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ บทบาทและสถานะขององค์ความรู้ที่สร้างสังคมและสถานการณ์ทางปัญญาที่อยู่รอบๆ ต้นกำเนิดและพัฒนาการของทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่สำคัญ และเป็นวิธีการที่สังคมวิทยาศาสตร์สร้างและติดตามการปฏิบัติงานของวิชาชีพ ซึ่งรวมไปถึง องค์ความรู้ที่เชื่อมั่นได้จากรายงาน การป้องกัน การพินิจพิเคราะห์ และการยื่น	การสำรวจตรวจสอบ และเกี่ยวข้องกับความสามารถในการควบคุมตนเองอย่างตื่นตัวในการค้นหาองค์ความรู้ด้วยตนเอง	วิธีการที่วิทยาศาสตร์ธรรมชาติพยายามที่จะตอบคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ กระบวนการของการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์นั้นจัดได้ว่าเป็นภาระกิจของการแก้ปัญหา มีวงจรของกระบวนการที่เริ่มจากการตั้งคำถาม การสืบสอบ และการประเมินประจักษ์พยาน และการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ยังเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดของการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์อีกด้วย	เกี่ยวเนื่องกับความสามารถที่หลากหลายของนักวิทยาศาสตร์ที่ใช้เพื่อสืบสอบโลกธรรมชาติ	วิธีการที่หลากหลายที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับโลกแห่งธรรมชาติและเสนอคำอธิบายที่ตั้งอยู่บนประจักษ์พยานที่ได้จากงานของพวกเขา นอกจากนั้นการสืบสอบยังหมายถึงกิจกรรมที่ผู้เรียนใช้ในการพัฒนาองค์ความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ของตนเอง และความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ศึกษาโลกของธรรมชาติ	หมายถึง วิธีการที่หลากหลายที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ศึกษาโลกแห่งธรรมชาติและเสนอคำอธิบายที่ตั้งอยู่บนประจักษ์พยานที่ได้มาจากงานของพวกเขา การสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ยังหมายถึง กิจกรรมที่ผ่านการพัฒนาองค์ความรู้และความเข้าใจใน แนวคิดวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน และความเข้าใจที่ว่านักวิทยาศาสตร์ศึกษาโลกแห่งธรรมชาติได้อย่างไร และมาตรฐาน	กิจกรรมที่อาศัยระเบียบวิธีการสืบสอบที่หลากหลายที่นักวิทยาศาสตรใช่ในการแสวงหาองคความรู มีวงจรของกระบวนการที่เริ่มจากการตั้งคำถาม การสืบสอบ และการประเมินประจักษพยาน หรือตอบคำถามเชิงวิทยาศาสตร และเปนวิธีการที่สังคมวิทยาศาสตรสรางและติดตามการปฏิบัติงานของวิชาชีพวิทยาศาสตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย CHULALONGKORN UNIVERSITY

Hodson (2014)	Hershkovitz et al. (2013)	Nowak et al. (2013)	Yeh et al. (2012)	National Research Council (1996, อ้างถึงใน Grigg et al., 2013)	NSTA (2004)	ผลการสังเคราะห์
ยันข้อกล่าวอ้างเชิงวิทยาศาสตร์ และการตระหนักรู้ถึงปฏิสัมพันธ์ที่ซับซ้อนระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม					เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์เพื่อการสืบสอบของ NSES ยังรวมถึงความสามารถในการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ และความเข้าใจเกี่ยวกับการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์อีกด้วย	ซึ่งรวมไปถึง องคความรูที่เชื่อมั่นได้จากรายงาน การปองกัน การพินิจพิเคราะห และการยืนยันขอกลาวอางเชิงวิทยาศาสตร และการตระหนักรู้ถึงปฏิสัมพันธที่ซับซอนระหวางวิทยาศาสตร เทคโนโลยี สังคมและสิ่งแวดลอม และเกี่ยวของกับความสามารถในการควบคุมตนเองอยางตื่นตัวในการคนหาองคความรูดวยตนเอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 24 การสังเคราะห์ลักษณะสำคัญของการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์

กมลวรรณ กันยาประสิทธิ์ (2558)	Hodson (2014)	Grigg et al. (2013)	Weber et al. (2013)	ผลการสังเคราะห์
		ผู้เรียนเผชิญหน้ากับคำถามเชิงวิทยาศาสตร์	การตั้งคำถาม และระบุปัญหา (asking questions, defining problem)	ผูเรียนเผชิญกับคำถามทางวิทยาศาสตร หมายถึง กิจกรรมที่กำลังดำเนินอยูนั้นผูเรียนมีโอกาสได ออกแบบและวางแผน ตั้งคำถามวิจัยวัตถุประสงคการวิจัย สมมติฐาน ออกแบบขั้นตอนการสืบสอบและเทคนิคการเลือกขอมูล โดยตั้งอยูบนคำถามเชิงวิทยาศาสตรที่ผูเรียนกำลังเผชิญอย
ผู้เรียนตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์	ระยะออกแบบและวางแผน เกิดขึ้นในตอนที่คำถามวิจัยถูกตั้งขึ้น และวัตถุประสงค์การวิจัย สมมติฐานถูกสร้างขึ้น และขั้นตอนการสืบสอบและเทคนิคการเลือกข้อมูลถูกกำหนดอย่างเด่นชัด			
	ระยะดำเนินการ เกิดขึ้นระหว่างที่ปฏิบัติการที่หลากหลายถูกนำมาใช้และข้อมูลต่างๆ ถูกเลือก		มีการพัฒนา และการใช้แบบจำลอง (developing, using Models) มีการวางแผนและปฏิบัติการสืบสอบ (planning, doing investigations)	

กมลวรรณ กันยาประสิทธิ์ (2558)	Hodson (2014)	Grigg et al. (2013)	Weber et al. (2013)	ผลการสังเคราะห์
			มีการวางแผนและปฏิบัติการสืบสอบ (planning, doing investigations)	
ผู้เรียนให้ความสำคัญกับหลักฐานหรือประจักษ์พยานของคำถามที่ตั้งขึ้น	ระยะสะท้อนความคิด เกิดขึ้นระหว่างที่ข้อค้นพบถูกพิจารณาและตีความด้วยมุมมองของทฤษฎีที่หลากหลาย เขียนข้อสรุปและให้เหตุผล รวมถึงข้อสรุปนั้นผ่านการตรวจสอบ	ผู้เรียนให้ความสำคัญกับประจักษ์พยานที่ใช้ในการตอบคำถาม	มีการอ้างจากประจักษ์พยาน (arguing from evidence)	ผู้เรียนให้ความสำคัญกับหลักฐานหรือประจักษพยานของคำถามที่ตั้งขึ้น หมายถึง กิจกรรมที่กำลังดำเนินอยู่นั้นผู้เรียนมีโอกาสได้พิจารณาข้อคนพบที่ได้จากการสืบสอบโดยอ้างอิงจากประจักษพยาน
ผู้เรียนสร้างคำอธิบายจากข้อมูลและหลักฐานที่มี		ผู้เรียนสร้างคำอธิบายโดยใช้ประจักษ์พยานที่ได้	มีการสร้างคำอธิบายและออกแบบการวิธีการแก้ปัญหา (constructing explanation, designing solutions) มีการวิเคราะห์และการตีความข้อมูล (analyzing, interpreting data)	ผูเรียนสรางคำอธิบายจากข้อมูลและหลักฐานที่มี หมายถึง กิจกรรมที่กำลังดำเนินอยู่นั้นผูเรียนมีโอกาสได้สรางคำอธิบายโดยใชประจักษพยานที่ได ตีความดวยมุมมองของทฤษฎีที่หลากหลาย พรอมทั้งออกแบบวิธีการแกป

กมลวรรณ กันยาประสิทธิ์ (2558)	Hodson (2014)	Grigg et al. (2013)	Weber et al. (2013)	ผลการสังเคราะห์
				ญหาที่เกิดขึ้นซึ่งอาจสงผลตอความนาเชื่อถือของประจักษพยานที่ได
ผู้เรียนเชื่อมโยงองค์ความรู้ที่ได้สู่องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์		ผู้เรียนเชื่อมโยงคำอธิบายเข้ากับองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์		ผูเรียนเชื่อมโยงองคความรูที่ไดสูองคความรูทางวิทยาศาสตร หมายถึง กิจกรรมที่กำลังดำเนินอยูนั้นผูเรียนมีโอกาสได เชื่อมโยงองคความรูที่ไดสูองคความรูทางวิทยาศาสตร วิเคราะหและตีความขอมูล เขียนขอสรุปและใหเหตุผลซึ่งผานการตรวจสอบอยางถี่ถวน
ผู้เรียนสื่อสารและประเมินองค์ความรู้อย่างมีเหตุผล	ระยะบันทึกและรายงานเกิดขึ้นในขณะที่ กระบวนการ ข้อค้นพบ การตีความ และข้อสรุป ถูกบันทึกด้วยผู้วิจัย และนำแสดงต่อชุมชนเพื่อการสื่อสาร และเพื่อการ	ผู้เรียนสื่อสารและแก้ต่างให้กับคำอธิบาย	มีการยอมรับ การประเมิน และการสื่อสารสารสนเทศ (obtaining, evaluating, communicating information)	ผูเรียนสื่อสารและประเมินองคความรูอยางมีเหตุผล หมายถึง กิจกรรมที่กำลังดำเนินอยูนั้นผูเรียนมีโอกาสได สื่อสารและประเมินองคความ

กมลวรรณ กันยาประสิทธิ์ (2558)	Hodson (2014)	Grigg et al. (2013)	Weber et al. (2013)	ผลการสังเคราะห์
	ไตร่ตรองอย่างละเอียดจากผู้อื่น			รูอยางมีเหตุผล ตีความขอสรุป นำแสดงตอชุมชนเพื่อการสื่อสาร ยอมรับขอคนพบ และเพื่อการไตรตรองอยางละเอียด จากผูอื่น
			มีการใช้คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีสารสนเทศหรือเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ และการคิดเชิงคำนวน (using math, information/computer technology, computational thinking)	ผู เรียนใชคณิตศาสตร เทคโนโลยีสารสนเทศหรือเทคโนโลยีคอมพิวเตอร และการคิดเชิงคำนวน หมายถึง กิจกรรมที่กำลังดำเนินอยูนั้นผูเรียนมีโอกาสได ใชคณิตศาสตร เทคโนโลยีสารสนเทศหรือเทคโนโลยีคอมพิวเตอร และการคิดเชิงคำนวน ซึ่งครอบคลุมปฏิบัติการทางคณิตศาสตรทุกรูปแบบ ทั้งดวยการคำนวนดวยมือเปลา ใชโปรแกรม

กมลวรรณ กันยาประสิทธิ์ (2558)	Hodson (2014)	Grigg et al. (2013)	Weber et al. (2013)	ผลการสังเคราะห์
				สำเร็จรูป หรือเขียนอัลกอริทึมในการวิเคราะห์ประจักษพยาน

ตารางที่ 25 การสังเคราะห์ความหมายของกลยุทธ์การโต้แย้ง

O'Hallaron (2014)	De La Paz et al. (2012)	Amgoud and Kaci (2007)	ผลการสังเคราะห์
การสร้างข้อสรุปที่ซับซ้อน ที่ไม่ได้มาจากการยอมรับในบทนิยาม หรือการพรรณนาและมาตรฐานหนึ่งเท่านั้น	การประสานระหว่างประจักษ์พยานเข้ากับทฤษฎี ซึ่งสนับสนุนหรือโต้แย้งข้อสรุป แบบจำลอง หรือการพยากรณ์	แบบจำลองการให้เหตุผลที่ตั้งอยู่บนการสร้างและการเปรียบเทียบข้อโต้แย้ง ซึ่งข้อโต้แย้งเป็นตัวแทนของชุดเหตุผลที่จะทำให้เชื่อในความจริง	แบบจำลองของการให้เหตุผลเพื่อสร้างข้อสรุปที่ซับซ้อนที่ไม่ได้มาจากการยอมรับในบทนิยาม หรือคำบรรยายและมาตรฐานหนึ่งเท่านั้น แต่เป็นการประสานระหว่างประจักษ์พยานเข้ากับทฤษฎี ซึ่งสนับสนุนหรือโต้แย้งข้อสรุป แบบจำลองหรือการพยากรณ์นั้นๆ ตลอดจนสร้างและเปรียบเทียบข้อโต้แย้ง ซึ่งข้อโต้แย้งเป็นตัวแทนของชุดเหตุผลที่จะทำให้เชื่อในความจริงที่ปรากฏได้

CHULALONGKORN UNIVERSITY จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 26 การสังเคราะห์ขั้นตอนของการโต้แย้ง

(Anderson et al., 2001) อ้างถึงใน (X. Zhang et al., 2015)	(O'Hallaron, 2014)	(Abi-El-Mona & Abd-El-Khalick, 2011)	(Amgoud & Kaci, 2007)	Voss and Means (1991)	ผลการสังเคราะห์
linking propositions with but as a way to show disagreement		Data	Constructing arguments (in favor of/against a ''statement'') from bases Defining the strengths of those arguments.		ยกประเด็นที่อีกฝ่ายนำเสนอ มาเป็นประเด็นตั้งตนจากนั้นใช้คำว่า "แต" เพื่อนำไปสู่การแสดงขอคิดเห็นที่ขัดแยงเพื่อโตกลับให้ขอมูล หรือชี้ประเด็นสำคัญที่อีกฝ่ายไมได้กลาวถึง
introduce a counterargument	Claim	Claim		กล่าวอ้าง (claim)	ให้หลักฐานเพื่อสนับสนุนขอกลาวอางที่ได้ให้ขอมูลไป
	Evidence				
	Reasoning	Warrant		การให้เหตุผลเพื่อสนับสนุนการกล่าวอ้าง (reason (premise) supporting claim)	
			Determining the		ระบุความขัดแย้งของขอโต้

(Anderson et al., 2001) อ้างถึงใน (X. Zhang et al., 2015)	(O'Hallaron, 2014)	(Abi-El-Mona & Abd-El-Khalick, 2011)	(Amgoud & Kaci, 2007)	Voss and Means (1991)	ผลการสังเคราะห์
			different conflicts between the arguments. Evaluating the acceptability of the different arguments.		แยง ประเมินการยอมรับได้ของแตละข้อโตแยง
	Restatement of Claim		Concluding or defining the justified conclusions.		ลงขอสรุป เพื่อนำเสนอเหตุและผลที่ใชในการกลาวอาง โดยนำเสนอใหเห็นถึงประเดนที่อีกฝายนำเสนอ ขอเสนอของตนที่ไมขัดแยงและหลักฐานที่ใชในการตีโตกลับ

Chulalongkorn University

ตารางที่ 27 การสังเคราะห์ความหมายของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

(Wilhelm & Beishuizen, 2003)	Mayer (2003)	(Holyoak & Morrison, 2005)	(Howson & Urbach, 2006)	Gregory J. Feist (2011)	Moshman (2011)	สิทธิศึกดิ์จินดาวงศ์ (2555)	Jonathan, O. (2013)	จุฬาลักษณ์ ยิ้มดี (2556)	พงศ์พรหม พรเพิ่มพูน (2556)	ผลการสังเคราะห์
เกี่ยวข้องกับ scientific inquiry process ที่ได้แก่ การสร้างสมมติฐาน การทดลอง การประเมินประจักษ์พยาน และการลงความเห็น ยิ่งไปกว่านั้นยังมีความสัมพันธ์ระหว่างความเข้าใจในการใช้กลยุทธ์ ได้แก่ ความเข้าใจและความรับรู้	- สร้างสมมติฐานของบุคคล - การทดสอบสมมติฐานอย่างเป็นระบบโดยผ่านการปฏิบัติการทดลอง - ทดสอบความเป็นไปได้ของสมมติฐาน - สร้างสมมติใหม่เมื่อสมมติฐานเดิมถูกปฏิเสธ	การคิดที่เริ่มต้นจากข้อกล่าวอ้างไปสู่การอนุมาน การลงความเห็น การตัดสินใจ การแก้ปัญหา ทั้งนี้เพื่อวิเคราะห์ธรรมชาติของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และโครงสร้างทางปัญญา	การให้เหตุผลที่เป็นไปตามความน่าจะเป็นเชิงคณิตศาสตร์	การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จะเกิดขึ้นได้เมื่อประจักษ์พยานถูกนำมาเชื่อมโยงเข้ากับทฤษฎี ซึ่งจะเป็นการทำงานของสมองส่วน hippocampus และ prefrontal cortex	การให้เหตุผลในแบบที่นักวิทยาศาสตร์ทำโดยใช้ทฤษฎีและประจักษ์พยาน	ความสามารถในการอธิบายหาความสัมพันธ์ วิเคราะห์แบะแสดงข้อสรุปของข้อมูลอย่างสมเหตุสมผล โดยแบ่งออกเป็น 5 ลักษณะ	ความสามารถที่บุคคล 1. ระบุได้ว่าทำไมจึงต้องดำเนินการหย่างหนึ่งอย่างใดเพื่อให้ได้มาซึ่งการกระทำการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ การกล่าวอ้างหรือข้อมูลสามารถตัดสินข้อสงสัย 2. อธิบายได้ว่าทำไมจึงตัดสินเกี่ยวกับซึ่งอาศัยโมเดลประจักษ์พยานองค์ความรู้เชิง	ความสามารถของบุคคลในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลที่เกิดขึ้นโดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า สำรวจ ตรวจสอบ หรือทำการทดลองเพื่อนำไปสู่การสรุปเป็นองค์ความรู้	ความสามารถในการให้เหตุผลโดยสังเกตเหตุการย่อยเฉพาะหน่วยแล้วสรุปเป็นข้อสรุป แนวคิดหลักการ ทฤษฎี หรือกฎ โดยมีการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ประการ	การคิดที่มุงไปสู การพิสูจนและตัดสินดวยเหตุและผลที่เกิดขึ้นเชิงวิทยาศาสตร โดยใช กระบวนการอนุมาน การพยากรณ การสรางสมมติฐาน การวางแผนการทดสอบดวยวิธีการ ที่นักวิทยาศาสตรเชื่อถือได การทดสอบสมติฐานหรือ

(Wilhelm & Beishuizen, 2003)	Mayer (2003)	(Holyoak & Morrison, 2005)	(Howson & Urbach, 2006)	Gregory J. Feist (2011)	Moshman (2011)	สิทธิศักดิ์จินดาวงศ์ (2555)	Jonathan, O. (2013)	จุฬาลักษณ์ ยิ้มดี (2556)	พงศ์พรหม พรเพิ่มพูน (2556)	ผลการสังเคราะห์
ธรรมชาติและสิ่งจำเป็นของภาระหน้าที่และศักยภาพของกลยุทธ์ เช่น การควบคุมตัวแปรกับสมรรถนะด้านกลยุทธ์ ได้แก่ การใช้กลยุทธ์ในการควบคุมตัวแปร							วิทยาศาสตร์เป็นฐาน			ปรากฏการณ์อย่างมีเหตุผล การประเมินประจักษ์พยาน การลงความเห็น และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีกับหลักฐานเชิงประจักษ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 28 การสังเคราะห์องค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

Timmerman et al. (2010)	สิทธิศักดิ์ จินดาวงศ์ (2555) ความสามารถย่อย	พงศ์พรหม พรเพิ่มพูน (2556) องค์ประกอบ	จุฬาลักษณ์ ยิ้มดี (2556) พฤติกรรมบ่งชี้	Osborne (2013)	Nowak et al. (2013) ความสามารถย่อย	Mayer et al. (2014)	ผลการสังเคราะห์
					ความสามารถในการตั้งคำถามที่สามารถตอบได้ด้วยวิทยาศาสตร์ สร้างสมมติฐานที่สามารถพิสูจน์ได้ว่าจริงหรือเท็จด้วยการสืบสอบ		
การตั้งสมมติฐาน (pose hypothesis) หมายถึง การพยากรณ์ที่นำไปสู่การพิสูจน์ได้ในเชิงวิทยาศาสตร์ และไม่ละเลยที่จะอธิบายถึงสมมติฐานทางเลือกที่เกิดขึ้น			ระบุสาเหตุของปัญหา	การตั้งสมมติฐาน (hypothesizing)		การสร้างสมมติฐาน (hypothesis generation) หมายถึง การพยากรณ์อิทธิพลของตัวแปรอิสระที่จะส่งผลต่อตัวแปรตาม	ความสามารถในการตั้งสมมติฐาน (hypothesizing ability) ความสามารถในการ ตั้งสมมติฐาน หมายถึง ความสามารถใน การระบุสาเหตุของปัญหาพยากรณอิทธิพลของตัวแปรอิสระ ที่ จะส

Timmerman et al. (2010)	สิทธิศักดิ์ จินดาวงศ์ (2555) ความสามารถย่อย	พงศ์พรหม พรเพิ่มพูน (2556) องค์ประกอบ	จุฬาลักษณ์ ยิ้มดี (2556) พฤติกรรมบ่งชี้	Osborne (2013)	Nowak et al. (2013) ความสามารถย่อย	Mayer et al. (2014)	ผลการสังเคราะห์
ซึ่งมีความชัดเจนและชี้ให้เห็นประเด็นของปัญหาและตั้งอยู่บนองค์ความรู้ที่สามารถเข้าใจได้ในเชิงวิทยาศาสตร์โดยมีทฤษฎีรองรับ							งผลตอตัวแปรตามซึ่งสามารถพิสูจนได ดวยกระบวนการทางวิทยาศาสตรและทฤษฎีหรือหลักการทางวิทยาศาสตร เลือก และอธิบายสมมติฐานทางเลือกดวยทฤษฎีหรือหลักการทางวิทยาศาสตร
การวางแผนการทดลอง (experimental design) หมายถึง การออกแบบวิธีการพิสูจน์	ความสามารถในการควบคุมตัวแปร (controlling ability) หมาย ถึง ความสามารถที่		ระบุวิธีการสำรวจตรวจสอบที่นำไปสู่การลงข้อสรุป	การทดลอง (experimentation)	วางแผนการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบไปด้วยการเลือกอุปกรณ์ที่เหมาะสม การ	การทดลอง (experimentation) หมายถึง กระบวนการแก้ปัญหาที่นำไปสู่การได้มาซึ่งข้อสรุป	ความสามารถ ในการควบคุ มและออกแบบการ ทดลอง (controlling and designing experimentation

Timmerman et al. (2010)	สิทธิศักดิ์ จินดาวงศ์ (2555)	พงศ์พรหม พรเพิ่มพูน (2556)	จุฬาลักษณ์ ยิ้มดี (2556)	Osborne (2013)	Nowak et al. (2013)	Mayer et al. (2014)	ผลการสังเคราะห์
	<u>ความสามารถย่อย</u>	<u>องค์ประกอบ</u>	<u>พฤติกรรมบ่งชี้</u>		ความสามารถย่อย		
ข้อเท็จจริงที่ตั้งไว้ โดยมีการใช้ข้อมูลจากแหล่งที่หลากหลาย ซึ่งใช้ทักษะการสังเกตอย่างชำนาญและถือตามระเบียบวิธีทางวิทยาศาสตร์ที่แต่เป็นวิธีการที่เรียบง่ายไม่ซับซ้อนซึ่งรวมไปถึงการสร้างระเบียบวิธีใหม่ขึ้นด้วย	แสดงถึงการออกแบบการทดลอง โดยการควบคุมตัวแปรอื่นๆ ได้				ระบุตัวแปร และการบันทึกข้อมูลอย่างเหมาะสม กระทำการสืบสอบ ซึ่งประกอบไปด้วย การเตรียมวัสดุอุปกรณ์เพื่อสืบสอบ การวัดและการเลือกข้อมูล		ability) ความสามารถในการควบคุมและออกแบบการทดลอง หมายถึง ความสามารถในการแก้ปัญหาเพื่อนำไปสู่การได้มาซึ่งขอสรุป ระบุวิธีการสำรวจตรวจสอบขอเท็จจริงที่นำไปสู่การลงข้อสรุป ออกแบบการทดลอง โดยควบคุมตัวแปรอื่นๆ ใชทักษะการสังเกตรวบรวมขอมูลจากแหลงขอมูล ที่หลากหลาย และใช ระเบียบวิธีทางวิทยาศาสตรดั้งเดิมหรือ

Timmerman et al. (2010)	สิทธิศักดิ์ จินดาวงศ์ (2555) <u>ความสามารถย่อย</u>	พงศ์พรหม พรเพิ่มพูน (2556) <u>องค์ประกอบ</u>	จุฬาลักษณ์ ยิ้มดี (2556) <u>พฤติกรรมบ่งชี้</u>	Osborne (2013)	Nowak et al. (2013) ความสามารถย่อย	Mayer et al. (2014)	ผลการสังเคราะห์
							วิธีการที่สรางขึ้นใหม่
					กระทำการสืบสอบ ซึ่งประกอบไปด้วย การเตรียมวัสดุอุปกรณ์เพื่อสืบสอบ การวัด และการเลือกข้อมูล		
	- ความสามารถในการแสดงโอกาส (Probabilistic ability) หมายถึง ความสามารถในการสรุป อธิบายปรากฏการณ์ใดๆ บนพื้นฐานของทฤษฎีความน่าจะ	สามารถคาดคะเนหรือพยากรณ์จากข้อมูลหลักฐานประจักษ์พยานหรือข้อสรุปที่สอดคล้องกับข้อมูลดังกล่าวได้ กล่าวคือ สามารถ				การลงความเห็น (inference) หมายถึง การสรุปข้อค้นพบที่บุคคลได้รับจากการแก้ปัญหาและประเมินประจักษ์พยานที่ได้มา	

Timmerman et al. (2010)	สิทธิศักดิ์ จินดาวงศ์ (2555) **ความสามารถย่อย**	พงศ์พรหม พรเพิ่มพูน (2556) **องค์ประกอบ**	จุฬาลักษณ์ ยิ้มดี (2556) **พฤติกรรมบ่งชี้**	Osborne (2013)	Nowak et al. (2013) **ความสามารถย่อย**	Mayer et al. (2014)	ผลการสังเคราะห์
	เป็นได้ - ความสามารถในการแสดงสัดส่วน propotional ability) หมายถึง ความสามารถในการอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ในเชิงคณิตศาสตร์ได้ - ความสามารถในการแสดงความสัมพันธ์ (Correlational ability) หมายถึง ความสามารถในการแปรผล	ใช้ข้อสรุป ที่ได้จากข้อมูล หลักฐาน และประจักษ์พยานมาคาดคะเน หรือพยากรณ์แนวโน้มของเหตุการณ์ที่เกิดจากข้อสรุป ข้อมูลหรือหลักฐานใด					

Timmerman et al. (2010)	สิทธิศักดิ์ จินดาวงศ์ (2555) **ความสามารถย่อย**	พงศ์พรหม พรเพิ่มพูน (2556) **องค์ประกอบ**	จุฬาลักษณ์ ยิ้มดี (2556) **พฤติกรรมบ่งชี้**	Osborne (2013)	Nowak et al. (2013) **ความสามารถย่อย**	Mayer et al. (2014)	ผลการสังเคราะห์
	การศึกษาโดยคำนึงถึงปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กัน						
การสรุปที่ตั้งอยู่บนข้อมูลที่มีอยู่ (conclusion base on data) หมายถึง การสร้างข้อสรุปจากข้อมูลที่เป็นจริงเชิงประจักษ์โดยใช้ตรรกะในการกล่าวอ้างหรือตีความ	- ความสามารถในการสรุปผล (generalized ability) หมายถึง ความสามารถในการสร้างข้อสรุปทั่วไป ที่นอกเหนือไปจากการทดลองหรือเงื่อนไขที่กำหนด และประยุกต์ใช้สร้างข้อสรุปใหม่ที่เหมะสม	- สามารถระบุข้อมูล หลักฐาน หรือประจักษ์พยานได้ กล่าวคือ สามารถระบุข้อมูลหรือหลักฐานที่ได้จากการค้นคว้า การเก็บข้อมูลรองรับ หรือระบุข้อมูลที่เป็นพื้นฐานสำคัญของการบอกกล่าว การกล่าวอ้าง ข้อสรุป	ระบุข้อสรุปของสถานการณ์โดยใช้ข้อเท็จจริงและหลักฐานเชิงประจักษ์	การประเมินประจักษ์พยาน (evidence evaluation)	วิเคราะห์ข้อมูลซึ่งประกอบไปด้วย การเลือก การนำเสนอ การสื่อสารและตีความข้อมูล		ความสามารถในการประเมินประจักษพยาน (evidence evaluating ability) ความสามารถในการประเมินประจักษพยาน หมายถึง ความสามารถในการระบุขอสรุปของสถานการณโดยใช ขอมูล หลักฐาน ขอเท็จจริง และหลักฐานเชิงประจักษ อยางสมเหตุสมผล และใชตรรกะในการกลาวอางหรือ

Timmerman et al. (2010)	สิทธิศักดิ์ จินดาวงศ์ (2555) **ความสามารถย่อย**	พงศ์พรหม พรเพิ่มพูน (2556) **องค์ประกอบ**	จุฬาลักษณ์ ยิ้มดี (2556) **พฤติกรรมบ่งชี้**	Osborne (2013)	Nowak et al. (2013) **ความสามารถย่อย**	Mayer et al. (2014)	ผลการสังเคราะห์
		- สามารถในการสร้างข้อสรุปที่สมเหตุสมผลบนพื้นฐานของประจักษ์พยานหรือข้อมูล หรือประเมินข้อสรุปที่ผู้อื่นสร้างขึ้นว่าสอดคล้องกับประจักษ์พยานที่มีหรือไม่ กล่าวคือสามารถใช้ข้อมูลหลักฐาน หรือประจักษ์พยานที่พบมาใช้ในการประกอบเพื่อสร้างข้อมรุปที่					ตีความเพื่อลงขอสรุป

Timmerman et al. (2010)	สิทธิศักดิ์ จินดาวงศ์ (2555) **ความสามารถย่อย**	พงศ์พรหม พรเพิ่มพูน (2556) **องค์ประกอบ**	จุฬาลักษณ์ ยิ้มดี (2556) **พฤติกรรมบ่งชี้**	Osborne (2013)	Nowak et al. (2013) **ความสามารถย่อย**	Mayer et al. (2014)	ผลการสังเคราะห์
		สอดคล้องกับข้อมูล หรือหลักฐานที่เลือกมา		การใช้องค์ความรู้เกี่ยวกับความจริง (use of epistemic knowledge) หมายถึง องค์ความรู้ระดับอภิปัญญา (meta level knowledge) ซึ่งเป็นการที่บุคคลทราบได้ว่ากระทำแบบนั้นเพาะเหตุใด ทราบว่ารู้ได้อย่างไรว่าต้อง	สะท้อนผลการสืบสอบ ซึ่งรวมถึงการสะท้อนกระบวนการที่ใช้สืบสอบ ทฤษฎีที่ใช้ ผลลัพธ์และการพยากรณ์สำหรับการสืบสอบได้ในอนาคต		การใชองคความรูที่เกี่ยวกับความจริง (using of epistemic knowledge ability) การใชองคความรูที่เกี่ยวกับความจริง หมายถึง ความสามารถในการระบุเหตุผลของการกระทำโดยใชทฤษฎีหรือหลักการทางวิทยาศาสตรสนับสนุน ระบุสาเหตุของการเขาถึง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Timmerman et al. (2010)	สิทธิศักดิ์ จินดาวงศ์ (2555) <u>ความสามารถย่อย</u>	พงศ์พรหม พรเพิ่มพูน (2556) <u>องค์ประกอบ</u>	จุฬาลักษณ์ ยิ้มดี (2556) <u>พฤติกรรมบ่งชี้</u>	Osborne (2013)	Nowak et al. (2013) ความสามารถย่อย	Mayer et al. (2014)	ผลการสังเคราะห์
				กระทำเช่นนั้น ทราบได้อย่างไรว่าตนเองรู้ ซึ่งต้องใช้มโนมติและความจริงเชิงวิทยาศาสตร์เป็นฐานในการคิด เช่น การใช้ข้อมูลในการในการสนับสนุนการตีความและการสรุปข้อค้นพบในห้องปฏิบัติการเกี่ยวกับพฤติกรรมของวัสถุยืดหยุ่นด้วยกฎของฮุค เป็นต้น			และเขาใจในปรากฏการณที่เกิดขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายเจตนิพิฐ แท่นทอง
สถานที่เกิด	จังหวัดศรีสะเกษ
วุฒิการศึกษา	ปี 2547-2551 วท.บ. ชีววิทยา มหาวิทยาลัยขอนแก่น (ทุน สควค.) ปี 2553 - 2555 ศษ.ม. การสอนวิทยาศาสตร์ (ทุน Master teacher) ปี2556 เข้าศึกษาหลักสูตรครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา ภาควิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปัจจุบันดำรงตำแหน่ง ครู อันดับ คศ. 3 วิทยะฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนศรีสะเกษวิทยาลัย จังหวัดศรีสะเกษ
ที่อยู่ปัจจุบัน	114/1 ถ.ปลัดมณฑล ต.เมืองเหนือ อ.เมืองศรีสะเกษ จ.ศรีสะเกษ 33000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University