

การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER เพื่อส่งเสริมแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และ
ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4



ปริญญานิพนธ์
ของ
ขวัญฤทัย เทียงจันทราทิพย์

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาดุขฎีบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา
ธันวาคม 2559

การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER เพื่อส่งเสริมแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และ
ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4



ปริญญานิพนธ์
ของ
ขวัญฤทัย เทียงจันทราทิพย์

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาดุขุฎิบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา

ธันวาคม 2559

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER เพื่อส่งเสริมแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และ
ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4



ปริญญานิพนธ์
ของ
ขวัญฤทัย เทียงจันทราทิพย์

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาดุขฎีบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา
ธันวาคม 2559

ขวัญฤทัย เทียงจันทร์ทิพย์. (2559). การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER เพื่อส่งเสริมแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อาจารย์ที่ปรึกษาปรินูญานิพนธ์:
อาจารย์ ดร. พินิจ ขำวงษ์, อาจารย์ ดร. สุทธิดา จำรัส.

การวิจัยนี้มีความมุ่งหมายเพื่อ 1) พัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER2) ศึกษาผลของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER ที่มีต่อแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 3) ศึกษาผลของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER ที่มีต่อความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 75 คนเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบด้วย แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ แบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับตัวอย่างแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และอนุทินของนักเรียน การวิเคราะห์ข้อมูลโดยวิเคราะห์เนื้อหา สถิติพื้นฐานในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที ผลการวิจัยพบว่า 1) รูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การสร้างความสนใจและการตรวจสอบความรู้เดิม(Engagement and Elicitation) 2) การสืบเสาะ (Inquiry) 3)การอธิบาย (Explanation) 4) การอภิปราย (Discussion) และ 5) การสะท้อนความคิดต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (NOS Reflection) 2) รูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER สามารถส่งเสริมแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ของนักเรียนได้ โดยหลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ แตกต่างจากก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และจำนวนร้อยละของนักเรียนที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์(Scientific Conceptions) เพิ่มขึ้นในทุกแนวคิด ส่วนจำนวนร้อยละของนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (Misconceptions) หรือไม่มีแนวคิด (No Conception) ลดลงในทุกแนวคิด 3) รูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER สามารถส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ โดยหลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ แตกต่างจากก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และจำนวนร้อยละของนักเรียนที่มีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สอดคล้องกับมิติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (Informed) เพิ่มขึ้นในทุกลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ส่วนจำนวนร้อยละของนักเรียนที่มีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไม่สอดคล้องกับมิติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (Naive) หรือไม่มีความเข้าใจ(No Understanding) ลดลงในทุกลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

THE DEVELOPMENT OF HI-ER LEARNING MODEL FOR ENHANCING SCIENTIFIC
CONCEPTIONS AND NATURE OF SCIENCE UNDERSTANDING OF 10th GRADE
STUDENTS.



Presented in Partial Fulfillment of the Requirement for the
Doctor of Education degree in Science Education
at Srinakharinwirot University
December 2016

KhuanruethaiThiangchanthathip. (2016). *The Development of HI-ER Learning Model for Enhancing Scientific Conceptions, and the Nature of Science Understanding of 10th Grade Students*. Dissertation. Ed.D. (Science Education). Bangkok. Graduate School, Srinakharinwirot University. Adviser Committee: Dr. PinitKhumwong, Dr. SuthidaChamrat.

The purposes of this study were 1) to develop the HI-ER learning model; 2) to study the effects of using the HI-ER learning model on scientific conceptions in such topics as cell and cell division among Grade Ten students; 3) to study the effects of using the HI-ER learning model on the understanding of the nature of science Grade Ten students. The participants consisted of seventy five of Grade Ten students. The research tools included a cell and cell division concept test, an interview about instances in the topic of cell and cell division, the NOS open-ended questionnaire, and student journals. In order to analyze data, content analysis, percentage, mean values, standard deviation, and t-test for dependent samples were used. The research results were as follows: 1) HI-ER learning model consists of five steps including; 1) Engagement and Elicitation 2) Inquiry 3) Explanation 4) Discussion and 5) NOS Reflection 2) HI-ER learning model could enhance the scientific conceptions of students with regard to the topic of cell and cell division. After the implementation of the HI-ER learning model, the post-test mean score of scientific conceptions among students was different from the pre-test mean score at a .05 level of significance. The percentage of scientific conceptions among students increased in terms of all concepts and the percentage of misconceptions and no conceptions decreased in terms of all concepts. 3) HI-ER learning model could enhance the understanding of students regarding the nature of science. After the implementation of the HI-ER learning model, the post-test mean scores of understanding the nature of science among students was different from the pre-test mean scores at a .05 level of significance. The percentage of informed understanding of the students increased in the terms of all aspects of the nature of science and the percentage of naïve understanding and a lack understanding among students decreased in the terms of all aspects of the nature of science.

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง
การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER เพื่อส่งเสริมแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และความเข้าใจ
ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
ของ
ขวัญฤทัย เทียงจันทราทิพย์

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษาดุซงวิบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)
วันที่.....เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2559

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

.....ที่ปรึกษาหลัก
(อาจารย์ ดร. พินิจ ขำวงษ์)

.....ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จุฬารัตน์ ธรรมประทีป)

.....ที่ปรึกษาร่วม
(อาจารย์ ดร. สุทธิดา จำรัส)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ปรินทร์ ชัยวิสุทธิทางกูร)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร. พินิจ ขำวงษ์)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร. สุทธิดา จำรัส)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร. ชนินันท์ พฤกษ์ประมูล)

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย
จาก
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงด้วยดี ด้วยความกรุณาจาก อาจารย์ ดร. พินิจ ขำวงษ์ และอาจารย์ ดร. สุทธิดาจรัส อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะ อันมีคุณค่าและเป็นประโยชน์ต่อการทำงานวิจัยเสมอมา ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จุฬารัตน์ ธรรมประทีป ที่ได้ให้ความกรุณามาเป็นประธานกรรมการในการสอบ และรองศาสตราจารย์ ดร. ปรินทร์ ชัยวิสุทธิทางกูร กรรมการในการสอบ ที่ได้ให้ข้อเสนอแนะและคำแนะนำซึ่งทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากขึ้น

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. ชนินันท์ พฤกษ์ประมูล กรรมการในการสอบ ซึ่งได้ให้แนวทางการเขียนรายงานการวิจัย การใช้สถิติในงานวิจัย และกำลังใจในการทำงานวิจัย รวมทั้งข้อเสนอแนะซึ่งทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากขึ้น

ขอขอบพระคุณ ดร. กมลวรรณ กันยาประสิทธิ์ สำหรับความกรุณาในการให้แนวทาง ให้ความช่วยเหลือ กำลังใจและคำแนะนำในการทำงานวิจัยมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ช่วยตรวจสอบและให้ข้อเสนอแนะต่อการพัฒนาเครื่องมือวิจัย ตลอดจนให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการทำงานวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณผู้บริหาร คณะครู เจ้าหน้าที่ และนักเรียน โรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ พะเยา ในพระราชูปถัมภ์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ที่อนุญาตให้ผู้วิจัยลาศึกษาต่อ ตลอดจนให้ความช่วยเหลือและให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการศึกษานำร่อง และการเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย

ขอขอบคุณมิตรภาพจากกัลยาณมิตรในศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา มศว และขอขอบคุณทุกความช่วยเหลือ ทุกการอำนวยความสะดวกจากเจ้าหน้าที่ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา มศว ทุกคน ที่มิให้ผู้วิจัยเสมอมา

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคุณพ่อคุณแม่ ผู้ให้กำเนิด ให้การเลี้ยงดู คอยมอบความรัก และให้การสนับสนุนชีวิตของผู้วิจัยในทุกแนวทางที่ทำได้ ขอขอบคุณบุญฤทธิ์ เทียงจันทราทิพย์ ผู้เป็นกำลังใจอันล้ำค่าของผู้วิจัย ขอขอบคุณคู่ชีวิต ญาติพี่น้อง และกัลยาณมิตรทุกคนที่ให้กำลังใจ ให้ความช่วยเหลือ สนับสนุนผู้วิจัยเสมอมา ประโยชน์อันพึงมีจากงานวิจัยและปริญญานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณบุพการี คณาจารย์ ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน

ขวัญฤทัย เทียงจันทราทิพย์

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
คำถามการวิจัย.....	5
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	5
ความสำคัญของการวิจัย.....	6
ขอบเขตการวิจัย.....	6
กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	7
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	7
สมมติฐานการวิจัย.....	10
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	11
แนวคิด.....	1
ความหมายของแนวคิดและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์.....	12
การสร้างแนวคิด.....	13
การจัดกลุ่มแนวคิด.....	14
แนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับเซลล์และการแบ่งเซลล์.....	16
การศึกษาและการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน.....	17
การวัดและการประเมินผลแนวคิด.....	19
ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์.....	21
ความสำคัญของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์.....	21
ความหมายของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์.....	23
ลักษณะของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์.....	23
ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน.....	29
การวัดและประเมินผลความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์.....	32
ทฤษฎีการสร้างความรู้.....	35
ความสำคัญของทฤษฎีการสร้างความรู้.....	35
ความหมายของทฤษฎีการสร้างความรู้.....	36
ลักษณะของทฤษฎีการสร้างความรู้.....	36

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
2(ต่อ) การจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างความรู้.....	37
บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างความรู้.....	37
การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้.....	39
ความสำคัญของการสืบเสาะหาความรู้.....	39
ความหมายของการสืบเสาะหาความรู้.....	39
ลักษณะของการสืบเสาะหาความรู้.....	40
ลักษณะการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้.....	40
ผลจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้.....	42
การจัดการเรียนรู้แบบปั้งชีและสะท้อนความคิด.....	43
ความสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบปั้งชีและสะท้อนความคิด.....	43
ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบปั้งชีและสะท้อนความคิด.....	44
ลักษณะของการจัดการเรียนรู้แบบปั้งชีและสะท้อนความคิด.....	44
ผลของการจัดการเรียนรู้แบบปั้งชีและสะท้อนความคิด.....	45
การจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์.....	47
ความสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์.....	47
ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์.....	48
ลักษณะของการจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์.....	48
ผลของการจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์.....	49
การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้.....	52
ความหมายของรูปแบบการเรียนรู้.....	52
องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนรู้.....	53
การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้.....	53
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	55
การศึกษาและการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน.....	55
การสร้างและพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER.....	58
การสร้างและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล.....	67
การนำรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER ไปทดลองใช้จริง.....	88
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	92

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	96
ลักษณะของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER.....	96
ผลของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER ที่มีต่อแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง	100
เซลล์และการแบ่งเซลล์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.....	
ผลของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER ที่มีต่อความเข้าใจธรรมชาติของ	128
วิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.....	
5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	163
คำถามการวิจัย.....	163
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	163
สมมติฐานการวิจัย.....	163
วิธีดำเนินการวิจัย.....	163
สรุปผล.....	168
อภิปรายผล.....	169
ข้อเสนอแนะ.....	183
บรรณานุกรม.....	185
ภาคผนวก.....	195
ภาคผนวก ก.....	196
ภาคผนวก ข.....	199
ภาคผนวก ค.....	215
ภาคผนวก ง.....	222
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	233

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 การวิเคราะห์ลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์.....	27
2 ลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ผู้เรียนส่วนใหญ่ยังขาดความเข้าใจ.....	30
3 ลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ผู้เรียนมีความเข้าใจไม่สอดคล้องกับมิติ ประชาคมทางวิทยาศาสตร์.....	31
4 ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการวัดและประเมินผลความเข้าใจธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์.....	34
5 ลักษณะสำคัญและระดับของการสืบเสาะหาความรู้	41
6 การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบบ่งชี้และสะท้อนความคิด.....	46
7 การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์.....	51
8 หลักการของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER และการจัดการเรียนรู้ 3 วิธีการ.....	58
9 การสร้างและพัฒนาขั้นตอนของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER และลักษณะสำคัญ ของการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 วิธีการ.....	60
10 ขั้นตอนของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER กับกิจกรรมการเรียนรู้ บทบาทผู้เรียน และบทบาทครู.....	63
11 แนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ และผลการเรียนรู้.....	68
12 แนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ ชื่อแผนการจัดการเรียนรู้ และระยะเวลาที่ จัดการเรียนรู้.....	69
13 แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และประวัติทาง วิทยาศาสตร์ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้.....	70
14 ผลการเรียนรู้ แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และข้อคำถามในแบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์ และการแบ่งเซลล์.....	77
15 ผลการเรียนรู้ แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และข้อคำถามในแบบสัมภาษณ์แนวคิด เรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์.....	80
16 ลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และข้อ คำถามในแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์.....	84
17 แบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน (One – group pretest-posttest Design).....	89
18 เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ระยะเวลาที่ใช้ ช่วงเวลาที่ใช้และจำนวนกลุ่ม ตัวอย่าง.....	91

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
19 กลุ่มแนวคิด แนวทางการจัดกลุ่ม และระดับคะแนน.....	93
20 กลุ่มความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ แนวทางการจัดกลุ่มและระดับคะแนน	94
21 คะแนนเฉลี่ยแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ในภาพรวมของ นักเรียนกลุ่มที่ศึกษา ก่อนและหลังเรียนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER...	100
22 ความถี่และร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่มแนวคิด.....	101
23 ความถี่และร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่มแนวคิดเรื่องความหมายของเซลล์.....	103
24 ความถี่และร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่มแนวคิดเรื่องโครงสร้างและหน้าที่ของ เซลล์	106
25 ความถี่และร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่มแนวคิดเรื่องการสื่อสารระหว่างเซลล์....	112
26 ความถี่และร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่มแนวคิดเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพของ เซลล์.....	115
27 ความถี่และร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่มแนวคิดเรื่องการชราภาพของเซลล์.....	118
28 ความถี่และร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่มแนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส	121
29 ความถี่และร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่มแนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส	125
30 คะแนนความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในภาพรวมของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา ก่อนและหลังเรียนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER.....	128
31 ความถี่และร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่มความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	129
32 ความถี่และร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่มความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้.....	132
33 ความถี่และร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่มความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ด้านวิทยาศาสตร์อาศัยทั้งการสังเกตและการลงความเห็น.....	136
34 ความถี่และร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่มความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ด้านวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน.....	139
35 ความถี่และร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่มความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ด้านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความหลากหลาย.....	142
36 ความถี่และร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่มความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ด้านความเป็นอัตนัยของนักวิทยาศาสตร์มีผลต่อการทำงานทางวิทยาศาสตร์.....	147

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
37 ความถี่และร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่มความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ด้านความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการมีผลต่อการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์	150
38 ความถี่และร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่มความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ด้านวิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมทางสังคม.....	155
39 ความถี่และร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่มความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม มีผลกระทบซึ่งกันและกัน.....	158
40 ผลการประเมินความสอดคล้องของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER โดยผู้เชี่ยวชาญ	200
41 ผลการประเมินความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้ แบบ HI-ER โดยผู้เชี่ยวชาญ.....	202
42 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์โดย ผู้เชี่ยวชาญ.....	212
43 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบสัมภาษณ์แนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่ง เซลล์โดยผู้เชี่ยวชาญ.....	213
44 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยผู้เชี่ยวชาญ.....	214

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ		หน้า
1	กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	7
2	รูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER.....	66
3	ขั้นตอนการดำเนินการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER.....	95



บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

การจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์มีเป้าหมายหลักซึ่งมีลักษณะเป็นสากล คือ เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้เป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ (Science literate persons) (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). 2546: 1; Clen. 2006; Crowther; Lederman; & Lederman. 2005; Dass. 2005; Flick; & Lederman. 2006; Lederman. 1992 ; Yip. 2006) ซึ่งการรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific literacy) หมายถึง การมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จิตวิทยาศาสตร์ และความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ตลอดจนมีความสามารถนำความรู้ ทักษะกระบวนการ และจิตวิทยาศาสตร์มาใช้ประโยชน์ต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิต การตัดสินใจในชีวิตประจำวัน การสื่อสารสู่ผู้อื่น รวมทั้งการดูแลรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน (สสวท. 2546: 1; American Association for the Advancement of Science (AAAS). 1993; Crowther; Lederman; & Lederman. 2005; National Research Council (NRC.). 2000)

แต่จากการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียน ตามโครงการประเมินผลผู้เรียนระดับนานาชาติ (Program for international student assessment: PISA) ทั้งหมด 5 ครั้ง เริ่มต้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 - 2555 โดยการประเมินได้แบ่งระดับการรู้วิทยาศาสตร์ออกเป็น 6 ระดับ และระดับ 6 เป็นระดับการรู้วิทยาศาสตร์สูงสุด ผลการประเมินทุกครั้งที่ผ่านมา ผู้เรียนของประเทศไทยมีระดับการรู้วิทยาศาสตร์ ระดับ 2 เป็นส่วนมาก ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มที่มีการรู้วิทยาศาสตร์ระดับต่ำ (สสวท.. 2553 :10 - 12; สุนีย์ คล้ายนิล; ปรีชาญ เดชศรี; และอัมพลิกา ประโมจันย์. 2551) ผลการประเมินดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า ประเทศไทยมีความจำเป็นต้องปรับปรุงการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์เพื่อยกระดับคุณภาพการรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียนให้มากยิ่งขึ้น (โครงการ PISA ประเทศไทย สสวท. กระทรวงศึกษาธิการ. 2556: 18 - 22; สสวท. 2553: 16 -18)

ความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เป็นองค์ประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่งของการรู้วิทยาศาสตร์ การมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์พื้นฐานแต่ละสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ย่อมช่วยให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์พื้นฐานไปใช้ในการเรียนรู้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ซับซ้อนยิ่งขึ้น (Flores. 2003) สำหรับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นพื้นฐานของการเรียนรู้รายวิชาชีววิทยา คือ แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์และการแบ่งเซลล์ (Flores. 2003) ซึ่งอธิบายถึงลักษณะสำคัญ องค์ประกอบและหน้าที่ของเซลล์ของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งอธิบายถึงความสำคัญของการแบ่งเซลล์ของสิ่งมีชีวิต โดยแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ดังกล่าวจัดอยู่ในมาตรฐานการเรียนรู้ 1.1 สารที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. 2551) จากงานวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่า ผู้เรียนยังมีแนวคิดคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับความหมายของเซลล์ การขยายขนาดของเซลล์ และการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเซลล์ (จุฬารัตน์ ธรรมประทีป. 2554) รูปร่าง

และองค์ประกอบของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ (Flores. 2003; Clement. 2007) ความแตกต่างของการแบ่งเซลล์ (จุฬารัตน์ ธรรมประทีป. 2554) รวมทั้งขาดความเข้าใจเกี่ยวกับการแบ่งเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ กับการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและไมโอซิส (อุษา นาคทอง; ธีราพร อนันตะเศรษฐกุล; และ นฤมล ยุตาคม. 2550) นอกจากนี้ผู้เรียนยังมีความเข้าใจสับสนระหว่างหน้าที่ของเยื่อหุ้มเซลล์และผนังเซลล์ อีกทั้งยังไม่สามารถเชื่อมโยงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ให้เข้ากับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อื่นๆ ในทางชีววิทยาซึ่งมีความซับซ้อนมากขึ้น (Flores. 2003) ในส่วนของการประยุกต์ใช้ความรู้ในชีวิตประจำวัน การมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถตัดสินใจเลือกผลิตภัณฑ์อาหาร ยารักษาโรค ตลอดจนเครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม ไม่ตัดสินใจเลือกผลิตภัณฑ์ต่างๆ ตามโฆษณาชวนเชื่อ ขณะเดียวกันก็เข้าใจประเด็นปัญหาทางวิทยาศาสตร์กับสังคม เช่น การรักษาโรคมะเร็ง การใช้สารต้านการชราภาพของเซลล์ เป็นต้น รวมทั้งประยุกต์ใช้ความรู้ในการรักษาสุขภาพของตนเองและผู้อื่นได้

นอกจากการมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ก็เป็นอีกคุณลักษณะที่สะท้อนการรู้วิทยาศาสตร์เช่นกัน ทั้งนี้การมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างถูกต้องจะช่วยให้ผู้เรียนตระหนักและให้ความสำคัญต่อการเรียนรู้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์สามารถใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์เพื่อการคิด การตัดสินใจในการดำรงชีวิตประจำวัน มีความสามารถในการตัดสินใจต่อประเด็นปัญหาทางสังคมซึ่งเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น รวมทั้งมีความพึงพอใจต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และยอมรับว่าวิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของสังคมและวัฒนธรรม (Driver et al. 1996 ; McComas; Clough; & Almazroa. 2000; Science learning hub. 2014) จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า ผู้เรียนยังขาดความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์หรือมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไม่สอดคล้องกับมิติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ในหลายประเด็น เช่น วิทยาศาสตร์อาศัยทั้งการสังเกตและการลงความเห็น (ลือชา ลดาชาติ; และ ลฎาภา สุทธกุล. 2555; Limpanont. 2011) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ (สิรินภา กิจเกื้อกูล; นฤมล ยุตาคม; และ อรุณี อิงคกุล. 2548) วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมทางสังคมของมนุษย์ที่มีความสลับซับซ้อน นักวิทยาศาสตร์มีการทำงานร่วมกันเป็นสังคมทางวิทยาศาสตร์ (สิรินภา กิจเกื้อกูล; นฤมล ยุตาคม; และ อรุณี อิงคกุล. 2548) ความหมายกับที่มาของกฎและทฤษฎี ความเป็นอัตนัยของนักวิทยาศาสตร์มีผลต่อการทำงานของนักวิทยาศาสตร์หรือการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความหลากหลาย (สุทธิดา จำรัส ; นฤมล ยุตาคม; และพรทิพย์ ไชยโส. 2552; Schwartz; Lederman; & Crawford. 2004) วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมมีผลกระทบซึ่งกันและกัน (สิรินภา กิจเกื้อกูล; นฤมล ยุตาคม; และ อรุณี อิงคกุล. 2548; Bell et al. 2003) การขาดความเข้าใจและมีความเข้าใจไม่สอดคล้องกับมิติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ อาจทำให้ผู้เรียนขาดความตระหนักต่อความสำคัญของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เกิดความเบื่อหน่ายในการเรียนรู้ ไม่สามารถประยุกต์ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการคิดหรือตัดสินใจในชีวิตประจำวัน อีกทั้งไม่สามารถตัดสินใจต่อประเด็นปัญหาทางสังคมซึ่งเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

ได้ ตลอดจนขนาดการยอมรับว่า วิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของสังคมและวัฒนธรรม (Driver et al. 1996; McComas; Clough; & Almazroa. 2000; Science learning hub. 2014)

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-based approach) เป็นการจัดการเรียนรู้วิธีการหนึ่งซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดทฤษฎีการสร้างความรู้ (Constructivism) เพราะเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง ผ่านการใช้ทักษะการคิดประกอบกับการลงมือปฏิบัติการสังเกต ตั้งคำถาม จำแนกประเภท ทดลอง สำรวจตรวจสอบ เพื่ออธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติโดยอาศัยหลักฐานที่มีอยู่ (ชาตรี ฝ่ายคำตา. 2552ก; สาขาชีววิทยา สสวท. 2545; NRC.. 2000) เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้มุ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จิตวิทยาศาสตร์ ตลอดจนความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ควบคู่กันไป (กุศลสิน มุสิกกุล. 2550; ชาตรี ฝ่ายคำตา. 2552ก) จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้สามารถพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้ (ขวัญฤทัย เทียงจันทราทิพย์. 2553; จิตติมา ดมหมอม. 2553; ไตรรัตน์ รัตนเดช. 2551; อาทิตยา จิตเอื้อเฟื้อ. 2551) นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ยังสามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เพราะเมื่อผู้เรียนผ่านกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะ ผู้เรียนจะสามารถเชื่อมโยงระหว่างสิ่งที่ผู้เรียนทำในห้องเรียนกับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ได้ ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจการทำงานและบทบาทของนักวิทยาศาสตร์ที่มีต่อสังคมมากยิ่งขึ้น (Crowther; Lederman; & Lederman. 2005: 52) อีกทั้งการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ยังเป็นวิธีการที่ถูกนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มาเป็นระยะเวลายาวนาน (Schwartz; Lederman; & Crawford. 2004) จึงมีนักการศึกษาจำนวนไม่น้อยได้พัฒนารูปแบบการเรียนรู้หรือรูปแบบการจัดเรียนรู้ตามแนวทางหรือลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เพื่อความสะดวกต่อการนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน ตัวอย่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้ซึ่งเป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย คือ วัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (สาขาชีววิทยา สสวท. 2545) รูปแบบการสอนแบบ 5 ขั้นตอน (BSCS-5E instructional model) (Bybee et al. 2006) และวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นตอน (Eisenkraf. 2003)

อย่างไรก็ตามการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ซึ่งไม่มีการบ่งชี้และสะท้อนความคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่เรียนรู้ (Implicit approach) ยังไม่สามารถส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Bybee et al. 2006; Khishef; & Abd El-Khalick. 2002; Schwartz; Lederman; & Crawford. 2004) แต่การจัดการเรียนรู้ซึ่งสามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์นั้นต้องเป็นการจัดการเรียนรู้ซึ่งธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบบ่งชี้และสะท้อนความคิด (Explicit and reflective approach) โดยวิธีการจัดการเรียนรู้นี้ สามารถทำได้ทั้งการจัดการเรียนรู้ซึ่งมีการบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เข้ากับเนื้อหาบทเรียนวิทยาศาสตร์ หรือจัดเป็นกิจกรรมการเรียนรู้เฉพาะที่ไม่เกี่ยวข้อง กับเนื้อหาบทเรียนวิทยาศาสตร์เรื่องใดเรื่องหนึ่ง แต่ไม่ว่าจะเป็นแบบใดการจัดการเรียนรู้ทั้ง 2 แนวทาง มีลักษณะสำคัญร่วมกัน คือ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่บ่งชี้หรือหยิบยกลักษณะธรรมชาติของ

วิทยาศาสตร์มาให้ผู้เรียนได้เรียนรู้อย่างชัดเจน รวมทั้งเปิดโอกาสให้ผู้เรียนสะท้อนความคิดต่อลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่เรียนรู้ผ่านการตอบคำถาม การอภิปราย และการแสดงความคิดเห็น (สุรวาลย์ มีศรี และคนอื่นๆ. 2550; Bell; Matkins; & Gansneder. 2011; Khishfe. 2008; Khishfe; & Abd El-Khalick. 2002; Schwartz; Lederman; & Crawford. 2004) เนื่องจากการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ต้องให้ความสำคัญกับการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน เพราะเป็นการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้เช่นเดียวกับนักวิทยาศาสตร์และได้รับความรู้ผ่านประสบการณ์จริง (Crowther; Lederman; & Lederman. 2005; Flick; & Lederman. 2006; Schwartz; Lederman; & Crawford. 2004) ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบบ่งชี้และสะท้อนความคิดจึงต้องอยู่บนฐานของกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นสำคัญ จากข้อสังเกตนี้ก็มีงานวิจัยจำนวนหนึ่งซึ่งแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการบ่งชี้และสะท้อนความคิด สามารถส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้ (Khishfe. 2008; Khishfe; & Abd-El-Khalick. 2002; Khishfe; & Lederman. 2006; Liangkilas. 2009; Yacoubian; & BouJaoude. 2010)

แต่การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการบ่งชี้และสะท้อนความคิด อาจยังไม่สามารถส่งเสริมความเข้าใจต่อลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในด้านกิจการทางวิทยาศาสตร์ (AAAS. 1993) อันได้แก่ ด้านวิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมทางสังคม และด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม มีผลกระทบซึ่งกันและกัน ได้อย่างลึกซึ้ง เนื่องจากเป็นลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ยากต่อการทำความเข้าใจของผู้เรียน หากขาดการเชื่อมโยงให้ผู้เรียนเข้าใจถึงบริบทจริงทางสังคมที่มีผลต่อการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หรือผลกระทบของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต่อชีวิตของคนในสังคม รวมทั้งบทบาทของเทคโนโลยีต่อการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์และต่อชีวิตคนในสังคม (สิรินภา กิจเกื้อกูล. 2555; สิรินภา กิจเกื้อกูล; นฤมล ยุทธาคม; และ อรุณี อิงคกุล. 2548; Bell et al. 2003) ด้วยเหตุนี้การจะส่งเสริมให้ผู้เรียนเข้าใจลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านดังกล่าวมากยิ่งขึ้น ควรมีการจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์ (Historical approach) (สิรินภา กิจเกื้อกูล. 2555; Reid-Smith. 2013) ในทางกลับกันการจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์เพียงอย่างเดียว ยังไม่สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้เพียงพอ (Abd-El-Khalick.; & Lederman. 2000) หรืออาจส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้เพียงบางลักษณะเท่านั้น (Irwin. 2000; Yip. 2006) แต่หากเป็นการจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการบ่งชี้และสะท้อนความคิด (Limpanont. 2011; Reid-Smith. 2013) และการจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการสืบเสาะหาความรู้และการอภิปราย (Dass. 2005) จะสามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์หลากหลายลักษณะมากยิ่งขึ้น ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มากขึ้น ต้องเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ประวัติทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา

บทเรียน รวมทั้งได้อภิปรายและสะท้อนความคิดต่อลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จากประวัติทางวิทยาศาสตร์นั้น (Abd-El-Khalick.; & Lederman. 2000; Dass. 2005; Reid-Smith. 2013)

ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ซึ่งจะสามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทั้งแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ควบคู่กัน ควรเป็นการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ซึ่งมีการบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเนื้อหาบทเรียนเข้าด้วยกัน มีการบ่งชี้ถึงลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ผู้เรียนต้องเรียนรู้เช่นเดียวกันกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (Liangkrilas. 2009) มีการนำประวัติทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเกี่ยวข้องกับเนื้อหาบทเรียนมาให้ผู้เรียนได้ศึกษาเรียนรู้ (สิรินภา กิจเกื้อกูล. 2555; Reid-Smith. 2013) รวมทั้งเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้อภิปรายและสะท้อนความคิดต่อลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ทั้งจากกิจกรรมการเรียนรู้และจากประวัติทางวิทยาศาสตร์ (Liangkrilas. 2009) โดยที่ผ่านมายังมีงานวิจัยซึ่งนำเสนอการพัฒนา รูปแบบการเรียนรู้ (Learning Model) เพื่อนำไปใช้ในการส่งเสริมให้ผู้เรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ควบคู่กับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นส่วนน้อย การวิจัยครั้งนี้จึงมีความมุ่งหมายที่จะสร้างและพัฒนา รูปแบบการเรียนรู้จากการผสมผสานลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีการสร้างความรู้ อันได้แก่ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ การจัดการเรียนรู้แบบบ่งชี้และสะท้อนความคิด และการจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้เนื่องจากรูปแบบการเรียนรู้มีขั้นตอนหรือลำดับของกระบวนการเรียนรู้ที่ชัดเจน มีความสะดวกต่อการที่ครูวิทยาศาสตร์จะนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน อีกทั้งรูปแบบการเรียนรู้ยังสามารถนำไปปรับใช้ได้กับหลากหลายเนื้อหาบทเรียน โดยรูปแบบการเรียนรู้ที่สร้างและพัฒนาขึ้น มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการส่งเสริมแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน โดยในการวิจัยนี้จะทดลองใช้รูปแบบการเรียนรู้กับหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เซลล์และการแบ่งเซลล์

คำถามการวิจัย

1. รูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER มีลักษณะเป็นอย่างไร
2. รูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER มีผลต่อแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์และการแบ่งเซลล์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หรือไม่ อย่างไร
3. รูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER มีผลต่อความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หรือไม่ อย่างไร

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER
2. เพื่อศึกษาผลของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER ที่มีต่อแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่อง เซลล์และการแบ่งเซลล์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

3. เพื่อศึกษาผลของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER ที่มีต่อความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ความสำคัญของการวิจัย

1. ได้รูปแบบการเรียนรู้ที่ประสิทธิภาพและสามารถนำไปใช้ในการส่งเสริมให้ผู้เรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
2. ครูวิทยาศาสตร์และครูชีววิทยา นำผลการวิจัยไปเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ขอบเขตการวิจัย

กลุ่มที่ศึกษา: นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนเน้นวิทยาศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 ในโรงเรียนแห่งหนึ่งซึ่งสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 36 จำนวน 75 คน

ตัวแปรต้น : รูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER

ตัวแปรตาม : 1) แนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ 2) ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

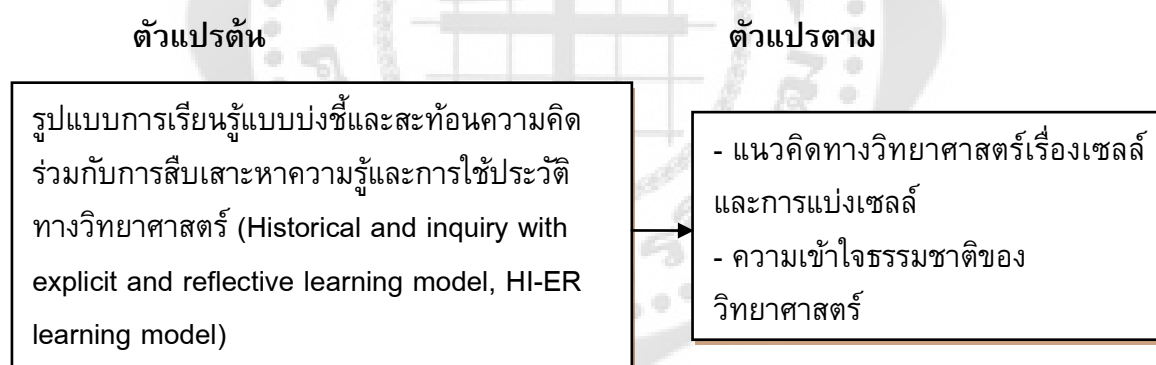
ขอบเขตของเนื้อหา: การวิจัยครั้งนี้ใช้เนื้อหาบทเรียนในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เซลล์และการแบ่งเซลล์ รายวิชา ชีววิทยาเพิ่มเติม 1 ซึ่งต้องจัดการเรียนรู้ให้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (แผนการเรียนเน้นวิทยาศาสตร์) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 โดยแบ่งเป็นแนวคิดหลัก 7 แนวคิด ดังนี้ 1) ความหมายของเซลล์ (Meaning of cell) 2) โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ (Cell structure and function) 3) การสื่อสารระหว่างเซลล์ (Cell communication) 4) การเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์ (Cell differentiation) 5) การชราภาพของเซลล์ (Cell aging) 6) การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (Mitosis) 7) การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส (Meiosis)

ขอบเขตของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์: การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาการส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน 8 ลักษณะ ดังนี้ 1) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ (Scientific knowledge is tentative) 2) วิทยาศาสตร์อาศัยทั้งการสังเกตและการลงความเห็น (Science based on observation and inference) 3) วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน (Science demands evidence) 4) กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความหลากหลาย (Diversity of scientific methods) 5) ความเป็นอัตนัยของนักวิทยาศาสตร์มีผลต่อการทำงานทางวิทยาศาสตร์ (The human subjectivity in science) 6) ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการมีผลต่อการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Creativity and imagination in science) 7)

วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมทางสังคม (Science is a social activity) 8) วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมมีผลกระทบซึ่งกันและกัน (Science technology and social effected each others)

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การวิจัยนี้ผู้วิจัยต้องการสร้างและพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER ซึ่งเป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่มีเป้าหมายเพื่อส่งเสริมการมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน ทั้งนี้รูปแบบการเรียนรู้ดังกล่าวสร้างและพัฒนาขึ้นจากการผสมผสานลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีการสร้างความรู้ ซึ่งได้แก่ การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่สามารถส่งเสริมการมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้ ส่วนการจัดการเรียนรู้แบบบ่งชี้และสะท้อนความคิด เป็นการจัดการเรียนรู้ที่สามารถส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้หลากหลายลักษณะ และการจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์ เป็นอีกวิธีการจัดการเรียนรู้ที่สามารถใช้ในการส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้ โดยเฉพาะลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านวิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมทางสังคม และด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมมีผลกระทบซึ่งกันและกัน ทั้งนี้สามารถแสดงเป็นแผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตามได้ ดังนี้



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

นิยามศัพท์เฉพาะ

แนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ หมายถึง ความเข้าใจซึ่งเกิดจากการรับรู้ รวบรวม ข้อเท็จจริงจากการสังเกต แยกแยะ จัดประเภท เปรียบเทียบ และสรุปเป็นแนวคิดเกี่ยวกับเซลล์และการแบ่งเซลล์ 7 แนวคิด ดังนี้ 1) ความหมายเซลล์ 2) โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ 3) การสื่อสารระหว่างเซลล์ 4) การเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์ 5) การชราภาพของเซลล์ 6) การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส 7) การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ทั้งนี้ นักเรียนแสดงออกและสามารถวัดได้จากการอธิบาย และยกตัวอย่างเพื่อตอบคำถามในแบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น และ

การตอบคำถามจากการสัมภาษณ์เกี่ยวกับตัวอย่างแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ รวมทั้ง
 อนุทินของนักเรียน

ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการอธิบาย ขยาย
 ความ เปรียบเทียบ และยกตัวอย่างเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ซึ่งก็คือ ความเชื่อและ
 ค่านิยมที่ใช้อธิบายถึงลักษณะเฉพาะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการได้มาซึ่งความรู้ทาง
 วิทยาศาสตร์ ลักษณะการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ รวมถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์
 เทคโนโลยี และสังคม สามารถแบ่งออกเป็นลักษณะต่างๆ ดังนี้ 1) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถ
 เปลี่ยนแปลงได้ 2) วิทยาศาสตร์อาศัยทั้งการสังเกตและการลงความเห็น 3) วิทยาศาสตร์ต้องการ
 หลักฐาน 4) กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความหลากหลาย 5) ความเป็นอัตโนมัติ
 ของนักวิทยาศาสตร์มีผลต่อการทำงานทางวิทยาศาสตร์ 6) ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการมีผล
 ต่อการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 7) วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมทางสังคม และ 8) วิทยาศาสตร์
 เทคโนโลยี และสังคม มีผลกระทบซึ่งกันและกัน ซึ่งนักเรียนแสดงออกและสามารถวัดได้จากการ
 ตอบคำถามในแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยปรับปรุงขึ้นจากแบบสอบถาม
 วรรณคดีเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ V-NOS C ของลีเดอร์แมน และคนอื่นๆ (Lederman et
 al. 2002) การตอบคำถามในการสัมภาษณ์ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ รวมทั้งอนุทินของ
 นักเรียน

รูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER หมายถึง กระบวนการเรียนรู้ซึ่งมุ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนมี
 แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ควบคู่กับมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีหลักการ คือ มีการ
 สร้างความสนใจในการเรียนรู้ให้กับนักเรียน มีการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน มีการนำประวัติ
 ทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเกี่ยวข้องกับเนื้อหาบทเรียนมาให้นักเรียนได้เรียนรู้ โดยประวัติทางวิทยาศาสตร์
 ที่มีลักษณะเป็นประเด็นทางวิทยาศาสตร์กับสังคมนำมาสร้างความสนใจให้กับนักเรียน และประวัติ
 ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับพัฒนาการของการศึกษาค้นคว้าหรือการได้มาซึ่งความรู้ทาง
 วิทยาศาสตร์ นำมาใช้เป็นสื่อการเรียนรู้ในการสืบเสาะหาความรู้จากประวัติทางวิทยาศาสตร์นั้น
 หรือนำมาใช้เป็นแนวทางในการศึกษา ค้นคว้า ทดลองเลียนแบบนักวิทยาศาสตร์ในประวัติทาง
 วิทยาศาสตร์นั้น (Historical approach) นอกจากนี้นักเรียนต้องใช้ทักษะการคิดร่วมกับกระบวนการ
 สืบเสาะหาความรู้ ทั้งสังเกต ตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ เปรียบเทียบ จัดจำแนก ทดลอง สืบเสาะ
 ตรวจสอบ เก็บรวบรวมข้อมูล สร้างคำอธิบาย เชื่อมโยงคำอธิบายกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็น
 ที่ยอมรับในปัจจุบัน สื่อสารและนำเสนอคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้น (Inquiry-based
 approach) รวมทั้งเปิดโอกาสให้นักเรียนร่วมอภิปรายถึงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์จากกิจกรรมการ
 เรียนรู้และประวัติทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนมีการใช้คำถามให้นักเรียนได้สะท้อนความคิดต่อ
 ลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ซึ่งมีการบ่งชี้ให้เรียนรู้ (Explicit and Reflective approach) ทั้งนี้
 รูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นที่ 1: การสร้างความสนใจและการตรวจสอบความรู้เดิม (Engagement and Elicitation) มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้นักเรียนมีความสนใจต่อคำถามทางวิทยาศาสตร์และมีการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนทั้งในส่วนของแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ครูสามารถวิเคราะห์ความรู้เดิมของนักเรียนและระบุแนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียนได้ กิจกรรมการเรียนรู้เน้นการสร้าง ความสนใจในการเรียนรู้ให้กับนักเรียน โดยให้นักเรียนดู ฟัง สัมผัส สื่อการเรียนรู้ต่างๆ ทั้ง ตัวอย่างของจริง ตัวอย่างรูปภาพ วีดิทัศน์ หรือประวัติทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเกี่ยวข้องกับเนื้อหาบทเรียน จากนั้นมีการใช้คำถามทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้ นักเรียนได้แสดงแนวคิดเดิม มีการแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ให้กับนักเรียนเพื่อเป็นการบ่งชี้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์และลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนต้องเรียนรู้ และเน้นให้นักเรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มแบบคละความสามารถและตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับสิ่งที่ต้องเรียนรู้

ขั้นที่ 2 : การสืบเสาะ (Inquiry) มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ นักเรียนให้ความสำคัญกับหลักฐานที่จะนำมาใช้ในการตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ กิจกรรมการเรียนรู้เน้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันพิจารณาและปรับปรุงคำถามทางวิทยาศาสตร์ซึ่งนักเรียนตั้งขึ้นในขั้นที่ 1 และวางแผนการตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่ตั้งไว้ นักเรียนต้องใช้ทักษะการคิดร่วมกับการสังเกต เปรียบเทียบ จัดจำแนก ทดลอง สืบเสาะหาความรู้ และกระบวนการสืบเสาะหาความรู้อื่นๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งหลักฐานที่จะใช้ในการสร้างคำอธิบายหรือตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้สื่อการเรียนรู้ และแหล่งเรียนรู้มีทั้งส่วนที่ครูเป็นผู้เตรียมให้กับนักเรียนและส่วนที่นักเรียนต้องสืบเสาะหาเพิ่มเติมด้วยตนเอง ซึ่งสื่อการเรียนรู้ที่ครูเตรียมอาจมีประวัติทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเกี่ยวข้องกับเนื้อหาบทเรียนรวมอยู่ด้วย ทั้งนี้เพื่อให้ นักเรียนได้สืบเสาะหาความรู้จากประวัติทางวิทยาศาสตร์ หรือได้ ทำการศึกษา สังเกต ทดลอง หรือสำรวจ เลียนแบบนักวิทยาศาสตร์ในประวัติทางวิทยาศาสตร์นั้น

ขั้นที่ 3 : การอธิบาย (Explanation) มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ นักเรียนสร้างคำอธิบายของตนเองและเชื่อมโยงเข้ากับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ กิจกรรมการเรียนรู้เน้นให้นักเรียนนำหลักฐานซึ่งรวบรวมได้จากขั้นที่ 2 มาสร้างคำอธิบายหรือคำตอบของคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนตั้งไว้ ตลอดจนต้องเชื่อมโยงคำอธิบายที่สร้างขึ้นกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นที่ยอมรับในปัจจุบัน

ขั้นที่ 4 : การอภิปราย (Discussion) มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ นักเรียนได้เปรียบเทียบคำอธิบายของตนเองกับคำอธิบายของเพื่อนร่วมชั้นเรียนและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นที่ยอมรับในปัจจุบัน รวมทั้งสื่อสารและตัดสินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้น กิจกรรมการเรียนรู้เน้นให้นักเรียนนำเสนอคำอธิบายหรือคำตอบของคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนตั้งไว้ มีการเปิดโอกาสให้เพื่อนร่วมชั้นเรียนและครูได้ซักถามในประเด็นที่สงสัยเพิ่มเติม มีการใช้คำถามทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์จากกิจกรรมการเรียนรู้และจากประวัติทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้ นักเรียนร่วมกันอภิปราย แสดงความคิดเห็น และได้แย้งเชิงเหตุผล

ขั้นที่ 5: การสะท้อนความคิดต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (NOS Reflection) มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้นักเรียนสะท้อนความคิดต่อลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ซึ่งได้รับการบ่งชี้ให้เรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้เน้นการใช้คำถามให้นักเรียนได้สะท้อนความคิดร่วมกันในระดับชั้นเรียนต่อลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนต้องตอบคำถาม แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับลักษณะธรรมชาติธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ซึ่งนักเรียนได้เรียนรู้จากกิจกรรมการเรียนรู้ และจากประวัติทางวิทยาศาสตร์ และเน้นให้นักเรียนเขียนบันทึกเป็นการสะท้อนความคิดของตนเองในระดับบุคคล

สมมติฐานการวิจัย

1. แนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
2. ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยและพัฒนา (Research and development) เรื่อง การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER เพื่อส่งเสริมแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ต้องอาศัยข้อมูลพื้นฐานเพื่อนำมากรอบแนวทางการวิจัย ซึ่งผู้วิจัยจะศึกษาค้นคว้าตรวจสอบเอกสาร ตลอดจนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. แนวคิด (Concept)

- 1.1 ความหมายของแนวคิดและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์
- 1.2 การสร้างแนวคิด
- 1.3 การจัดกลุ่มแนวคิด
- 1.4 แนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์
- 1.5 การศึกษาและการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน
- 1.6 การวัดและการประเมินผลแนวคิด

2. ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Nature of science)

- 2.1 ความสำคัญของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
- 2.2 ความหมายของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
- 2.3 ลักษณะของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
- 2.4 ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน
- 2.5 การวัดและประเมินผลความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

3. ทฤษฎีการสร้างความรู้ (Constructivism)

- 3.1 ความสำคัญของทฤษฎีการสร้างความรู้
- 3.2 ความหมายของทฤษฎีการสร้างความรู้
- 3.3 ลักษณะของทฤษฎีการสร้างความรู้
- 3.4 การจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างความรู้
- 3.5 บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างความรู้

4. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-based approach)

- 4.1 ความสำคัญของการสืบเสาะหาความรู้
- 4.2 ความหมายของการสืบเสาะหาความรู้
- 4.3 ลักษณะของการสืบเสาะหาความรู้
- 4.4 ลักษณะของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
- 4.5 ผลจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

5. การจัดการเรียนรู้แบบบ่งชี้และสะท้อนความคิด (Explicit and reflective approach)

- 5.1 ความสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบบ่งชี้และสะท้อนความคิด
- 5.2 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบบ่งชี้และสะท้อนความคิด
- 5.3 ลักษณะของการจัดการเรียนรู้แบบบ่งชี้และสะท้อนความคิด
- 5.4 ผลของการจัดการเรียนรู้แบบบ่งชี้และสะท้อนความคิด
6. การจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์ (Historical approach)
 - 6.1 ความสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์
 - 6.2 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์
 - 6.3 ลักษณะของการจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์
 - 6.4 ผลของการจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์
7. การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ (Learning model developing)
 - 7.1 ความหมายของรูปแบบการเรียนรู้
 - 7.2 องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนรู้
 - 7.3 กระบวนการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้

1. แนวคิด (Concept)

1.1 ความหมายของแนวคิดและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

แนวคิด เป็นหนึ่งในคำศัพท์ที่บัญญัติขึ้นเพื่อใช้แทนคำภาษาอังกฤษว่า “Concept” ซึ่งนักการศึกษาไทยบางท่านอาจใช้คำว่า ความคิดรวบยอด มโนทัศน์ หรือมโนคติ แทนคำว่า Concept ทั้งนี้แนวคิด หมายถึง ความเข้าใจของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งอาจจะเป็นวัตถุ เหตุการณ์ หรือปรากฏการณ์ โดยเป็นความเข้าใจที่เกิดจากการที่บุคคลนั้นได้รับรู้ รวบรวมข้อเท็จจริงจากการสังเกต รวมถึงมีการแยกแยะ จัดประเภท เปรียบเทียบ และสรุปเป็นความคิดร่วมกับประสบการณ์ หรือความรู้ที่บุคคลนั้นที่มีอยู่แต่เดิม (จุฬารัตน์ ธรรมประทีป. 2554: 88; วีระชัย ปุณฺณโชติ. 2536; ภาพ เลหาไพบูลย์. 2540: 3) นอกจากนี้แนวคิดยังหมายถึง ความรู้ซึ่งเกิดจากการจัดกลุ่มหรือจัดประเภทของสิ่งที่สังเกตหลายๆ อย่างเข้าด้วยกันเป็นความคิดโดยสรุป (สวัณน์ นิยมคำ. 2531) การที่บุคคลจะมีแนวคิดต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งเป็นอย่างไรนั้น ย่อมขึ้นอยู่กับประสบการณ์หรือความรู้เดิม รวมถึงเหตุและผลของบุคคลนั้น โดยบุคคลนั้นสามารถนำแนวคิดไปใช้ในการบรรยาย อธิบาย อภิปราย ระบุงกตัวอย่าง หรือพยากรณ์เกี่ยวกับวัตถุ เหตุการณ์ และปรากฏการณ์ที่เข้าไปเกี่ยวข้องได้ (จุฬารัตน์ ธรรมประทีป. 2554 : 88)

สำหรับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความเข้าใจที่บุคคลมีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ทั้งที่เป็น วัตถุ เหตุการณ์ และปรากฏการณ์ โดยเป็นความเข้าใจที่สอดคล้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นที่ยอมรับจากนักวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน แนวคิดทางวิทยาศาสตร์จัดว่าเป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ลักษณะหนึ่ง ซึ่งเป็นผลมาจากความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติต่างๆ ซึ่งมีทั้งระดับที่เป็นรูปธรรมและนามธรรม แนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกิดจากการรวมกันของ

หลายแนวคิดมาเชื่อมโยงต่อเนื่องกันอย่างมีเหตุและผล นอกจากนี้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ยังมีลักษณะเป็นสากลซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนมีความเข้าใจเนื้อหาบทเรียนระดับสูงยิ่งขึ้น (ภพ เลหาไพบูลย์. 2540: 3)

การแบ่งแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ตามที่มาของแนวคิด สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท (ภพ เลหาไพบูลย์. 2540: 3 อ้างอิงจาก คณะกรรมการการพัฒนาการสอนและวัสดุอุปกรณ์การสอน วิทยาศาสตร์. 2525) ได้แก่

1. แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับข้อเท็จจริงต่างๆ ที่นำมาสรุป เช่น น้ำแข็งคือน้ำที่อยู่ในสถานะของแข็ง

2. แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดจากการสรุปความสัมพันธ์ระหว่างข้อเท็จจริงของสิ่งทั้งหลาย เช่น กระแสไฟฟ้าขึ้นอยู่กับความต้านทานในวงจร สสารอาจเปลี่ยนสถานะได้ถ้าเราเพิ่มหรือลดพลังงาน

3. แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดจากการนำเอาข้อมูลหรือเหตุการณ์ต่างๆ มาสรุปรวมเข้าด้วยกัน เป็นกระบวนการต่อเนื่องตั้งแต่ความรู้เบื้องต้นไปจนกระทั่งถึงความรู้ระดับสูง เช่น ยีนที่อยู่บนโครโมโซมเป็นตัวกำหนดลักษณะทางพันธุกรรม

นอกจากนี้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ยังสามารถแบ่งได้ตามลักษณะของแนวคิด ออกเป็น 3 ประเภท (ภพ เลหาไพบูลย์. 2540: 4 อ้างอิงจาก ปรีชา วงศ์ชูศิริ. 2525) ดังนี้

1. แนวคิดเกี่ยวกับการแบ่งประเภท เป็นแนวคิดซึ่งอธิบายหรือบอกคุณสมบัติ โดยนำไปใช้ในการบรรยายวัตถุ เหตุการณ์ หรือปรากฏการณ์ ยกตัวอย่างเช่น สัตว์แบ่งออกเป็น 2 ประเภทตามการมีกระดูกสันหลัง คือ สัตว์มีกระดูกสันหลังและสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง

2. แนวคิดทางทฤษฎีเป็นแนวคิดที่นักวิทยาศาสตร์พยายามอธิบายคุณลักษณะของบางสิ่งบางอย่างหรือปรากฏการณ์ที่ไม่อาจจะสังเกตได้โดยตรงทั้งหมด แต่มีหลักฐานเป็นเหตุเป็นผลสนับสนุนแล้วสร้างความเข้าใจเป็นของตนเอง ยกตัวอย่างเช่น น้ำดีในลำไส้เล็กช่วยในการแตกตัวของสารอาหารจำพวกไขมัน

3. แนวคิดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ เป็นแนวคิดที่กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล นำไปใช้ในการทำนายหรือการพยากรณ์เหตุการณ์ต่างๆ ได้ ยกตัวอย่างเช่น ของเหลวเมื่อได้รับความร้อนจะมีปริมาตรเพิ่มขึ้น

1.2 การสร้างแนวคิด

การจัดการศึกษาในปัจจุบันเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ดังนั้นการสร้างแนวคิดจึงอธิบายได้ตามแนวคิดทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งเป็นทฤษฎีที่มีรากฐานมาจากทฤษฎีจิตวิทยาการเรียนรู้ที่สำคัญ คือ ทฤษฎีพัฒนาการทางเซวาร์ปัญญาของเพียเจต์ ทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมายของออสเชเบล ทฤษฎีการเรียนรู้แบบค้นพบความรู้ด้วยตนเองของบรูเนอร์ และทฤษฎีพัฒนาการทางเซวาร์ปัญญาแบบเน้นปฏิสัมพันธ์ทางสังคมและวัฒนธรรมของไวโกตสกี (ทิสนา เขมมณี. 2551: 90 - 91; วรรณทิพา รอดแรงคำ. 2540) จากทฤษฎีการสร้างความรู้สามารถสรุปได้ว่า

การสร้างแนวคิดเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในตัวบุคคลแต่ละบุคคล ภายใต้การควบคุมของตนเองในการต่อสู้กับความขัดแย้งระหว่างความรู้เดิมหรือประสบการณ์เดิมที่มีอยู่กับประสบการณ์ใหม่ที่เกิดจากการเรียนรู้ โดยมีการสร้างความหมายใหม่ให้กับประสบการณ์ที่เกิดจากการเรียนรู้และเชื่อมโยงกับประสบการณ์เดิมที่มีอยู่เข้าด้วยกัน ซึ่งมีภาษาและกิจกรรมทางสังคมเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ (Brooks; & Brooks. 1993) และความรู้ไม่ใช่สิ่งที่ดูดซับได้ แต่ถูกสร้างขึ้นมาในสมองของคนเรา ผู้เรียนต้องลงมือปฏิบัติการสืบเสาะหาความรู้และสร้างความหมายต่อสิ่งที่เรียนรู้ด้วยตนเอง โดยที่แรงจูงใจหรือพลังที่จะสร้างสติปัญญาต้องมาจากตัวผู้เรียนเอง (วรรณทิพา รอดแรงคำ. 2540 อ้างอิงจาก Fosnot. 1996; von Glasersfeld. 1991)

1.3 การจัดกลุ่มแนวคิด

จากการศึกษางานวิจัยไทยและต่างประเทศพบว่าการจัดกลุ่มแนวคิดอาจขึ้นอยู่กับข้อมูลแนวคิดที่ได้จากการใช้วิธีการและเครื่องมือในการตรวจสอบแนวคิดของผู้เรียน โดยสามารถสรุปแนวทางการจัดกลุ่มแนวคิดได้เป็น 3 แบบ คือ

1. การจัดแนวคิดแบบ 4 กลุ่ม (ไตรรนต์ รัตนเดช. 2551; Brickhouse; Dagher; & Letts. 2000) เป็นการจัดกลุ่มแนวคิดจากข้อมูลแนวคิดซึ่งเก็บรวบรวมโดยใช้แบบวัดแนวคิดแบบคำถามปลายเปิด มีแนวทางการจัดกลุ่ม ดังนี้

1.1 แนวคิดถูกต้อง (Sound understanding: SU) หมายถึง คำตอบหรือคำอธิบายแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมด

1.2 แนวคิดถูกต้องบางส่วน (Partial understanding: PU) หมายถึง คำตอบหรือคำอธิบายแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

1.3 แนวคิดคลาดเคลื่อน (Limited understanding: LU) หมายถึง คำตอบหรือคำอธิบายมีบางองค์ประกอบที่แสดงถึงการมีแนวคิดที่ถูกต้องสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และบางองค์ประกอบที่มีแนวคิดไม่ถูกต้องหรือไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

1.4 แนวคิดไม่ถูกต้อง (Misunderstanding: MU) หมายถึง คำตอบหรือคำอธิบายที่แสดงถึงความไม่เข้าใจแนวคิด

2. การจัดแนวคิดแบบ 5 กลุ่ม (อาทิตยา จิตรเอื้อเฟื้อ. 2551; Westbrook; & Marek. 1992) เป็นการจัดกลุ่มแนวคิดจากข้อมูลแนวคิดซึ่งเก็บรวบรวมโดยใช้แบบวัดแนวคิดแบบคำถามปลายเปิด มีแนวทางการจัดกลุ่ม ดังนี้

2.1 แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์หรือแนวคิดถูกต้อง (Complete understanding: CU or scientific conceptions: SC) หมายถึง คำตอบหรือคำอธิบายทั้งหมดสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นที่ยอมรับในปัจจุบัน

2.2 แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์บางส่วนหรือแนวคิดถูกต้องบางส่วน (Partial understanding: PC or partial scientific conception: PC) หมายถึง คำตอบหรือคำอธิบายเหตุผลสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วน และไม่มีคำอธิบายที่ผิดไปจากแนวทางวิทยาศาสตร์

2.3 แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์บางส่วนและแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial scientific conception with misconception: PC/MC) หมายถึง คำตอบหรือคำอธิบายบางส่วน สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ แต่บางส่วนไม่สอดคล้องหรือผิดไปจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

2.4 แนวคิดคลาดเคลื่อนหรือแนวคิดไม่ถูกต้อง (Non scientific understanding: SU, misconception: MC) หมายถึง คำตอบหรือคำอธิบายไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

2.5 ไม่มีแนวคิดหรือไม่ตอบคำถาม (No understanding or without answer: NU, no conception: NC) หมายถึง ไม่ได้ตอบคำถาม ตอบว่าไม่เข้าใจคำถาม ตอบทวนคำถาม

3. การจัดแนวคิดแบบ 6 กลุ่ม (Noh; & Scharman. 1997) เป็นการจัดกลุ่มแนวคิด จากข้อมูลแนวคิดซึ่งเก็บรวบรวมโดยใช้แบบวัดแนวคิดแบบเลือกตอบแต่สามารถเลือกคำตอบได้มากกว่า 1 ตัวเลือก มีแนวทางการจัดกลุ่ม ดังนี้

3.1 แนวคิดถูกต้อง (Sound understanding: SU) หมายถึง คำตอบที่มี 3 - 4 องค์ประกอบ สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และไม่มีองค์ประกอบที่คลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

3.2 แนวคิดถูกต้องบางส่วนและไม่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (Partial understanding with no misconception: PU) หมายถึง คำตอบที่มี 2 - 3 องค์ประกอบ สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และไม่มีองค์ประกอบที่คลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

3.3 แนวคิดถูกต้องเป็นส่วนใหญ่และมีแนวคิดคลาดเคลื่อนเพียงหนึ่งแนวคิด (Good understanding containing one misconception: GM) หมายถึง คำตอบซึ่งมีอย่างน้อย 3-4 องค์ประกอบ สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และมีเพียง 1 องค์ประกอบที่คลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

3.4 แนวคิดถูกต้องเป็นส่วนน้อยและไม่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (Minimum understanding with no misconception: MU) หมายถึง คำตอบซึ่งมีองค์ประกอบ 1-2 องค์ประกอบ สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และไม่มีองค์ประกอบที่คลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

3.5 แนวคิดถูกต้องบางส่วนและแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial understanding containing misconception: PM) หมายถึง คำตอบซึ่งมีองค์ประกอบ 1-2 องค์ประกอบ สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และมีองค์ประกอบที่คลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

3.6 ไม่มีแนวคิด (No scientific understanding: NU) หมายถึง ไม่ตอบคำถาม ตอบว่าไม่ทราบ หรือตอบทวนคำถาม

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจัดกลุ่มแนวคิดของผู้เรียนออกเป็น 5 กลุ่ม โดยใช้แนวทางการจัดกลุ่มของ เวสต์บรูกและมาเรค (Westbrook; & Marek. 1992) ทั้งนี้เพราะแบบวัดแนวคิด

เรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ ซึ่งผู้วิจัยใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับแนวคิดของผู้เรียนนั้น เป็นแบบวัดแนวคิดแบบคำถามปลายเปิดให้ผู้เรียนได้เขียนอธิบายแนวคิดของตนเอง คำตอบหรือคำอธิบายของผู้เรียน สามารถนำมาจัดกลุ่มได้ 5 กลุ่มตามแนวทางดังกล่าว ซึ่งการที่ผู้วิจัยไม่เลือกการจัดกลุ่มแนวคิดแบบ 4 กลุ่ม แม้ว่าการจัดกลุ่มแนวคิดแบบ 4 กลุ่ม สามารถนำมาใช้ได้กับการใช้แบบวัดแนวคิดแบบคำถามปลายเปิด เพราะผู้วิจัยต้องการแยกกลุ่มของนักเรียนที่ไม่ตอบคำถามหรือไม่แสดงแนวคิดกับกลุ่มนักเรียนที่ตอบคำถามแต่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนหรือแนวคิดไม่ถูกต้องออกจากกันให้ชัดเจน สำหรับการจัดกลุ่มแนวคิดแบบ 6 กลุ่ม เป็นลักษณะของการจัดกลุ่มแนวคิดที่เก็บรวบรวมข้อมูลแนวคิดของผู้เรียนโดยใช้แบบวัดแนวคิดแบบเลือกตอบ ซึ่งไม่เหมาะสมกับงานวิจัยนี้ซึ่งใช้แบบวัดแนวคิดแบบคำถามปลายเปิด

1.4 แนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์

การจัดสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 กำหนดให้หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เซลล์และการแบ่งเซลล์ อยู่ในสาระที่ 1: สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต มาตรฐาน ว 1.1 ซึ่งมีใจความว่า เข้าใจหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ นำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตของตนเองและดูแลสิ่งมีชีวิต (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. 2551)

จากการศึกษาเอกสารหลักสูตรและหนังสือเรียนชีววิทยาเพิ่มเติม เล่ม 1 (สสวท. 2554) สามารถสรุปแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ ดังนี้

เซลล์เป็นหน่วยโครงสร้างพื้นฐานที่เล็กที่สุดของสิ่งมีชีวิตและมีการจัดระบบการทำงานภายในโครงสร้างของเซลล์และระบบการทำงานที่ประสานกันเพื่อให้เซลล์ดำรงชีวิตอยู่ได้ สิ่งมีชีวิตอาจมีเพียงเซลล์เดียว (Unicellular) หรือหลายเซลล์ (Multicellular) เซลล์มีกำเนิดมาจากเซลล์เริ่มแรก และเซลล์เกิดจากการแบ่งเซลล์ของเซลล์เดิม

โครงสร้างของเซลล์ ได้แก่ ส่วนห่อหุ้ม คือ เยื่อหุ้มเซลล์ (Cell membrane) และผนังเซลล์ (Cell wall) ซึ่งมีลักษณะและบทบาทหน้าที่ต่อเซลล์แตกต่างกัน โดยผนังเซลล์เป็นโครงสร้างที่พบในเซลล์พืช ทำหน้าที่ปกป้องเซลล์ทำให้เซลล์แข็งแรงและคงรูปร่างอยู่ได้ เยื่อหุ้มเซลล์เป็นเยื่อเลือกผ่าน (selective membrane) ยอมให้สารบางชนิดเท่านั้นผ่านเข้า – ออกได้ ทำหน้าที่ควบคุมการเข้า-ออกของสารให้กับเซลล์และรักษาสสมดุลของสารในเซลล์ ส่วนไซโทพลาสซึม (Cytoplasm) เป็นที่อยู่ของออร์แกเนลล์ (Organelles) ซึ่งคลอโรพลาสต์เป็นโครงสร้างที่พบในเซลล์พืชแต่ไม่พบในเซลล์สัตว์ และทำหน้าที่ในการสังเคราะห์ด้วยแสงเพื่อสร้างอาหารให้แก่เซลล์พืช ไมโทคอนเดรียทำหน้าที่สร้างหรือผลิตพลังงานให้แก่เซลล์ เอนโดพลาสมิกเรติคูลัมแบบผิวเรียบทำหน้าที่สังเคราะห์ลิพิดและกำจัดสารพิษให้แก่เซลล์ แต่เอนโดพลาสมิกเรติคูลัมแบบผิวขรุขระทำหน้าที่สังเคราะห์โปรตีนเพื่อส่งออกไปใช้นอกเซลล์ ไรโบโซมเป็นออร์แกเนลล์ที่ไม่มีเยื่อหุ้ม แต่กอลจิ คอมเพล็กซ์ ไลโซโซม และแวคิวโอลต่างก็เป็นออร์แกเนลล์ที่มีเยื่อหุ้มชั้นเดียว ส่วนนิวเคลียส (Nucleus)

ประกอบด้วย เยื่อหุ้มนิวเคลียส (Nuclear membrane) เป็นเยื่อหุ้ม 2 ชั้น นิวคลีโอลัส (Nucleolus) โครโมโซม (Chromosome) โดยนิวเคลียสมีหน้าที่ควบคุมการทำงานของเซลล์และการแบ่งเซลล์

เซลล์ที่อยู่ใกล้กันหรืออยู่ห่างไกลกันมีการติดต่อสื่อสารระหว่างกัน การสื่อสารระหว่างเซลล์ที่อยู่ใกล้กัน กรณีเซลล์พืชสื่อสารกันผ่านทางช่อง “พลาสโมเดสมตา (Plasmodesmata) ” กรณีเซลล์สัตว์สื่อสารกันผ่านทางช่องขนาดเล็ก (Gap junction) บนเยื่อหุ้มเซลล์และสื่อสารกันโดยอาศัยตัวรับที่อยู่บนเยื่อหุ้มเซลล์ การสื่อสารของเซลล์ที่อยู่ใกล้กัน กรณีเซลล์พืชสื่อสารกันทางฮอร์โมนพืช ซึ่งจะลำเลียงไปตามท่อน้ำและท่ออาหาร หรือลำเลียงจากเซลล์หนึ่งไปยังอีกเซลล์หนึ่ง หรือแพร่ผ่านอากาศในรูปแก๊ส กรณีเซลล์สัตว์สื่อสารกันผ่านกระแสประสาททางเซลล์ประสาท และสื่อสารกันผ่านทางฮอร์โมนลำเลียงไปตามกระแสเลือดทางหลอดเลือดมีการรับสัญญาณ การส่งสัญญาณ และการตอบสนอง

เซลล์ที่เกิดจากการแบ่งเซลล์บางเซลล์จะมีการเปลี่ยนแปลงสภาพไป โดยการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ลักษณะ และขนาด เพื่อไปทำหน้าที่เฉพาะอย่าง

เซลล์ที่เจริญเติบโตเต็มที่ที่มีการชราภาพทำให้ร่างกายเสื่อมสภาพและตายในที่สุด อายุขัยของสิ่งมีชีวิตควบคุมโดยยีนและสิ่งแวดล้อม โดยสาเหตุของการชราภาพของเซลล์ คือ เซลล์มียีนกำหนดอายุขัยทำให้เซลล์มีอายุขัยจำกัด เซลล์มีการสะสมของเสียเพิ่มขึ้น เซลล์ได้รับอนุมูลอิสระทำให้ DNA ในเซลล์เกิดความผิดปกติ ลักษณะของเซลล์ชราภาพ คือ ประสิทธิภาพในการทำงานลดลง

การแบ่งเซลล์แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ 1) การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (Mitosis) เป็นการแบ่งเซลล์เพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์ร่างกายของสิ่งมีชีวิตทั่วไป หรือเพื่อการสืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและพืช สิ้นสุดการแบ่งเซลล์จะได้เซลล์ใหม่เป็นจำนวน 2 เท่าของเซลล์เดิม เซลล์ใหม่มีลักษณะทางพันธุกรรมเหมือนกับเซลล์เดิมและมีจำนวนชุดของโครโมโซมเท่ากับเซลล์เดิม 2) การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส (Meiosis) เป็นการแบ่งเซลล์เพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ สิ้นสุดการแบ่งเซลล์จะได้เซลล์ใหม่เป็นจำนวน 4 เท่าของเซลล์เดิม เซลล์ใหม่มีจำนวนชุดของโครโมโซมลดลงเหลือเพียงครึ่งหนึ่งของเซลล์เดิม

จากการสรุปแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ ผู้วิจัยได้แบ่งออกเป็น 7 แนวคิด เพื่อใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ 1) ความหมายเซลล์ 2) โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ 3) การสื่อสารระหว่างเซลล์ 4) การเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์ 5) การชราภาพของเซลล์ 6) การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส 7) การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส

1.5 การศึกษาและการพัฒนาแนวคิดของผู้เรียน

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ให้กับผู้เรียนจะสามารถทำให้ผู้เรียนเกิดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มากขึ้นเพียงใดนั้น ส่วนหนึ่งย่อมขึ้นอยู่กับแนวคิดเดิมของผู้เรียน ทั้งนี้เพราะในการสร้างแนวคิดใหม่ซึ่งจะเป็นแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้นั้น มีหลักการตาม

ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งเชื่อว่า การสร้างแนวคิดหรือความรู้ต้องอาศัยทั้งความรู้เดิมที่ผู้เรียนมีอยู่ประกอบกับความรู้ใหม่ที่ได้รับจากกระบวนการเรียนรู้ (Brooks; & Brooks. 1993)

จากการศึกษางานวิจัยซึ่งเกี่ยวข้องกับการศึกษาแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ของผู้เรียนพบว่า ผู้เรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับ ความหมายของเซลล์ การขยายขนาดของเซลล์ การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเซลล์ ความแตกต่างของการแบ่งเซลล์ (จุพารัตน์ ธรรมประทีป. 2554) ลักษณะรูปร่างของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ (Flores. 2003) องค์ประกอบของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ (Clement. 2007) และยังมีผู้เรียนเกือบร้อยละ 50 ขาดความเข้าใจเกี่ยวกับจำนวนโครโมโซมของเซลล์เริ่มต้นและเซลล์ลูกที่เกิดจากการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส อวัยวะที่มีการแบ่งเซลล์แต่ละแบบ การแบ่งเซลล์สัตว์และเซลล์พืช (อุษา นาคทอง; ชีราพร อนันตะเศรษฐกุล; และนฤมล ยุตาคม. 2550) นอกจากนี้ยังมีความเข้าใจสับสนระหว่างบทบาทหน้าที่ของเยื่อหุ้มเซลล์และผนังเซลล์ อีกทั้งไม่สามารถเชื่อมโยงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์กับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อื่นๆ ในทางชีววิทยาซึ่งมีความซับซ้อนมากขึ้น (Flores. 2003)

ทั้งนี้สาเหตุของการมีแนวคิดคลาดเคลื่อนของผู้เรียนอาจเกิดจาก 1) ความเข้าใจของผู้เรียนเอง 2) การที่ผู้เรียนนำภาษาที่ใช้ในชีวิตประจำวันหรือภาษาที่รับมาจากสื่อต่างๆ มาอธิบายแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ทำให้นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อน 3) การจดจำแนวคิดคลาดเคลื่อนที่มาจากป้ายประกาศ หรือหนังสือที่อ่านซึ่งปรากฏแนวคิดคลาดเคลื่อนเหล่านั้นอยู่ 4) การได้รับการอธิบายจากครูซึ่งมีแนวคิดคลาดเคลื่อน (จุพารัตน์ ธรรมประทีป. 2554) รวมทั้งการที่ผู้เรียนจดจำเนื้อหาตามที่ครูสอนมากกว่าการทำความเข้าใจเนื้อหา ทำให้ผู้เรียนขาดความเข้าใจในเรื่องที่เรียนรู้ (จุพารัตน์ ธรรมประทีป. 2554; อุษา นาคทอง; ชีราพร อนันตะเศรษฐกุล; และนฤมล ยุตาคม. 2550) ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ควรมีการตรวจสอบและทบทวนความรู้เดิมของผู้เรียน รวมทั้งมีการบ่งชี้หรือหยิบยกแนวคิดคลาดเคลื่อนของผู้เรียนออกมาอภิปราย เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของเนื้อหาบทเรียนที่เรียนรู้ผ่านมาแล้วและเนื้อหาบทเรียนที่กำลังเรียนรู้เข้าด้วยกัน เพื่อลดการมีแนวคิดคลาดเคลื่อนของผู้เรียน (สิรินภา กิจเกื้อกูล; และ นฤมล ยุตาคม; 2547)

สำหรับการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ของนักเรียน มีผู้ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ พบว่า หลังเรียนนักเรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มากขึ้นทุกแนวคิด โดยนักเรียนที่มีแนวคิดถูกต้องสูงกว่าร้อยละ 90 ในเรื่องความหมายของเซลล์ เซลล์แบบโปรคาริโอตและยูคาริโอต ความสำคัญของนิวเคลียส การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส และการเปลี่ยนแปลงจำนวนโครโมโซม (จิตติมา ตมหอม. 2553) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่อง การแบ่งเซลล์ โดยการสร้างภาพเคลื่อนไหวแบบการเคลื่อนที่หยุดด้วยดินน้ำมัน ผลการศึกษาพบว่า หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องการแบ่งเซลล์เพิ่มมากขึ้น และมีจำนวนนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนและไม่เข้าใจแนวคิดลดลง (ศศิเทพ ปิติพรเทพิน; และสุรเดช ศรีทา. 2554) และยังมี

ศึกษาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีการสร้างความรู้หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เซลล์และกระบวนการของเซลล์ ซึ่งผลการศึกษาพบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีการสร้างความรู้สามารถทำให้นักเรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องเซลล์และกระบวนการของเซลล์มากขึ้น (Nakthong, 2007)

ส่วนในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยสนใจส่งเสริมให้นักเรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์และการแบ่งเซลล์ ทั้งนี้เพราะแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์เป็นแนวคิดพื้นฐานทางชีววิทยา ซึ่งผู้เรียนต้องใช้เชื่อมโยงเพื่อเรียนรู้แนวคิดทางชีววิทยาเรื่องอื่นๆ อีกทั้งผู้เรียนยังสามารถประยุกต์ใช้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ในชีวิตประจำวันได้ โดยจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถตัดสินใจเลือกผลิตภัณฑ์อาหาร ยารักษาโรค และเครื่องอุปโภคต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม ไม่ตัดสินใจเลือกผลิตภัณฑ์ต่างๆ ตามโฆษณาชวนเชื่อ ขณะเดียวกันก็เข้าใจประเด็นปัญหาทางวิทยาศาสตร์กับสังคม เช่น การรักษาโรคมะเร็ง การใช้สารต้านการชราภาพของเซลล์ เป็นต้น และสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ในการรักษาสุขภาพของตนเองและผู้อื่นได้ นอกจากนี้แนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์เป็นเนื้อหาบทเรียนที่มีความเหมาะสมต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ และสามารถบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้หลากหลายลักษณะ รวมทั้งมีประวัติทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นประเด็นทางวิทยาศาสตร์กับสังคม และมีลำดับที่แสดงถึงการพัฒนาหรือการได้มาซึ่งแนวคิดทางวิทยาศาสตร์หรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องนี้อย่างชัดเจน

1.6 การวัดและการประเมินผลแนวคิด

การวัดและประเมินผลแนวคิดของผู้เรียนมีหลากหลายวิธีการและเครื่องมือที่สามารถนำมาใช้ได้ ดังนี้

1) การใช้แบบวัดแนวคิด (Concept test) หรือแบบสำรวจแนวคิดเป็นวิธีการที่นิยมนำมาใช้วัดและประเมินว่าผู้เรียนมีแนวคิดอย่างไรในเรื่องที่จัดการเรียนรู้ (ชาติรี ฝ่ายคำตา. 2552ข) ทั้งนี้เพราะการใช้แบบวัดแนวคิดสามารถวัดและประเมินแนวคิดของผู้เรียนในเชิงลึกและชี้ให้เห็นว่าผู้เรียนมีความเข้าใจในแนวคิดนั้นอย่างไร หรือแนวคิดของผู้เรียนสอดคล้องหรือคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์หรือไม่อย่างไร การวัดแนวคิดนิยมวัดเพียงแนวคิดใดแนวคิดหนึ่งเท่านั้น แต่ใช้คำถามหรือจำนวนข้อของแบบวัดหลายข้อเพื่อเป็นการตรวจสอบความเที่ยงตรงของผู้เรียนในการมีแนวคิดในเรื่องนั้นๆ ซึ่งแบบวัดแนวคิดสามารถสร้างและนำมาใช้วัดแนวคิดของผู้เรียนได้หลากหลายรูปแบบ ซึ่งจะมีทั้งแบบคำถามปลายเปิด (Open-ended question) (ทัศนียา รัตนฤทัย; กัญญา ธีระกุล; และนฤมล ยุตาคม. 2549; อำนาจ ระวิพงษ์. 2542; Westbrook; & Marek. 1992) แบบเลือกตอบพร้อมกับเลือกหรือเขียนอธิบายเหตุผลประกอบคำตอบหรือเรียกกันว่า แบบวินิจัย (Two tier) (ขวัญฤทัย เทียงจันทร์ทิพย์. 2553; สิริณภา กิจเกื้อกุล; และนฤมล ยุตาคม. 2547; อุษานาคทอง; ธีราพร อนันตะเศรษฐกุล; และ นฤมล ยุตาคม. 2550; Liangkriks. 2009) แบบเลือกตอบ (Multiple choice) (สุวิทย์ คงภักดี. 2553; Panprueksa. 2012) ทั้งนี้ในการสร้างแบบวัดแนวคิดทุก

แบบต้องมีแนวทางคำตอบที่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ซึ่งได้รับการยอมรับในปัจจุบันเป็นแนวคิดที่ใช้อ้างอิงในการตรวจสอบคำตอบหรือแนวคิดที่ถูกต้อง

2) การให้ผู้เรียนเขียนแผนผังความคิด (Concept mapping) วิธีการนี้สามารถวัดและประเมินผลแนวคิดของผู้เรียนได้ เพราะการเขียนแผนผังความคิดจะทำให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดต่าง ๆ เข้าไว้ด้วยกันได้ (วรรณทิพา รอดแรงคำ. 2540 อ้างอิงจาก Novak; & Gowin. 1984) และเมื่อแสดงออกในแนวคิดในรูปของแผนผังแนวคิดจะทำให้ครูทราบว่าผู้เรียนมีแนวคิดอย่างไรก่อนที่จะนักเรียนจะเริ่มต้นเรียนเรื่องใหม่ และให้นักเรียนได้เริ่มต้นอภิปรายความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดที่ตนเองมีอยู่ (วรรณทิพา รอดแรงคำ. 2540 อ้างอิงจาก Grant; Johnson; & Sander. 1991)

3) การสัมภาษณ์เกี่ยวกับตัวอย่าง (Interview about instance) เป็นอีกหนึ่งวิธีการที่ใช้วัดและประเมินผลแนวคิดของผู้เรียนได้ ทำได้โดยการกำหนดตัวอย่างประกอบกับการสัมภาษณ์ผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนได้แสดงแนวคิดออกมา (ชาตรี ฝ่ายคำตา. 2552ข) ตัวอย่างเช่น การที่ครูต้องการหาแนวคิดของผู้เรียนเรื่องเซลล์ ครูก็แสดงภาพจำลองเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ แล้วถามคำถามกับผู้เรียน ดังนี้ “นักเรียนคิดว่าเซลล์พืชและเซลล์สัตว์มีองค์ประกอบที่แตกต่างกันหรือไม่” เมื่อนักเรียนตอบ ครูก็อาจจะถามต่อไปว่า “นักเรียนคิดว่าเซลล์พืชมีองค์ประกอบใดที่เซลล์สัตว์ไม่มี” เป็นต้น

4) การสัมภาษณ์เกี่ยวกับเหตุการณ์ (Interview about events) ก็สามารถนำมาวัดและประเมินผลของผู้เรียนได้เช่นเดียวกัน การสัมภาษณ์เกี่ยวกับเหตุการณ์มีความยืดหยุ่นมากกว่าการสัมภาษณ์เกี่ยวกับตัวอย่าง (ชาตรี ฝ่ายคำตา. 2552ข) เพราะสามารถให้ผู้เรียนได้แสดงแนวคิดที่มีต่อปรากฏการณ์ในขณะนั้นได้ เช่น ครูต้องการหาแนวคิดของนักเรียนเรื่องการออสโมซิส ครูจึงหยดเอทิลแอลกอฮอล์เข้มข้น 70 % ลงบนเซลล์ของสาหร่ายหางกระรอก ให้นักเรียนสังเกตเซลล์สาหร่ายหางกระรอกใต้กล้องจุลทรรศน์ แล้วถามนักเรียนว่า นักเรียนคิดว่าเซลล์ของสาหร่ายหางกระรอกจะเป็นอย่างไร เป็นต้น

5) การทำนาย - การสังเกต - การอธิบาย (Prediction - observation - explanation) เป็นอีกหนึ่งวิธีการวัดและประเมินผลแนวคิดที่สามารถหาได้ว่าผู้เรียนกำลังคิดอะไรอยู่ โดยครูจัดเตรียมสถานการณ์ใดสถานการณ์หนึ่งขึ้นแล้วให้ผู้เรียนทำนายว่าจะเกิดอะไรขึ้น หลังจากนั้นให้ผู้เรียนทำการสังเกตเหตุการณ์แล้วอธิบายถึงสิ่งที่เกิดขึ้น พร้อมทั้งเปรียบเทียบการอธิบายและการทำนายว่าเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร (ชาตรี ฝ่ายคำตา. 2552ข) และการกระตุ้นให้ผู้เรียนแสดงแนวคิดออกมาโดยการอธิบายด้วยภาษาตามความเข้าใจของผู้เรียนก็ทำให้ครูสามารถทราบแนวคิดของผู้เรียนได้

นอกจากนี้การวัดและประเมินผลแนวคิดของผู้เรียนยังสามารถใช้การใช้บทสนทนาหาแนวคิด (Viewfinders) วิธีการส่งรับจดหมาย (Post -box-method) (วรรณทิพา รอดแรงคำ. 2540; ชาตรี ฝ่ายคำตา. 2552ข) รวมทั้งการเขียนอนุทินสะท้อนแนวคิดซึ่งเกิดจากการเรียนรู้ของผู้เรียน

(ขวัญฤทัย เทียงจันทร์ทิพย์. 2553; จิตติมา ดมหมอม. 2553; ไตรรัตน์ รัตนเดช. 2551; อาทิตยา จิตรเอื้อเฟื้อ. 2551)

สำหรับงานวิจัยนี้มีการวัดและประเมินผลแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ของผู้เรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER โดยใช้เครื่องมือในการวัดและประเมินผลแนวคิด ดังนี้ 1) แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ เป็นแบบวัดแนวคิดแบบคำถามปลายเปิดให้นักเรียนเขียนอธิบายคำตอบ จำนวน 16 ข้อ ซึ่งแบบวัดแนวคิดนี้ผู้วิจัยสร้างและพัฒนาขึ้น 2) แบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับตัวอย่างแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ซึ่งเป็นแบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง จำนวน 22 ข้อ ซึ่งผู้วิจัยสร้างและพัฒนาขึ้น 3) อนุทินของนักเรียน เป็นอนุทินที่ให้นักเรียนเขียนสะท้อนความคิดต่อสิ่งที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ สิ่งที่นักเรียนอยากเรียนรู้เพิ่มเติม และความรู้สึกต่อบรรยากาศการเรียนรู้

2. ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Nature of science)

2.1 ความสำคัญของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในวิทยาศาสตร์ศึกษา

เป้าหมายหลักของการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ คือ การพัฒนาผู้เรียนให้รู้วิทยาศาสตร์ (สสวท. 2546: 1; Crowther; Lederman; & Lederman. 2005; Dass. 2005; Flick; & Lederman. 2006; Lederman. 1992; Yip. 2006) คุณลักษณะสำคัญประการหนึ่งซึ่งสะท้อนการรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียน คือ การมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างสอดคล้องกับมิติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ โดยมีความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะเฉพาะ ขอบเขต ข้อจำกัดของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หรือการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งกิจการทางวิทยาศาสตร์ (AAAS. 1993; Lederman. 1992)

หลายประเทศทั่วโลกให้ความสำคัญกับการจัดการศึกษาเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยมีการกำหนดจุดมุ่งหมายและมาตรฐานในการจัดการศึกษา ตัวอย่างเช่น ประเทศสหรัฐอเมริกา (AAAS. 1993) มีการกำหนดจุดมุ่งหมายในเอกสารวิทยาศาสตร์เพื่อคนอเมริกัน (Science for all Americans) ปี ค.ศ. 1990 เกี่ยวกับความจำเป็นของการจัดการศึกษาธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ควบคู่ไปกับการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ เพราะความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นคุณลักษณะซึ่งสะท้อนการรู้วิทยาศาสตร์ของบุคคล นอกจากนี้ในมาตรฐานเพื่อการรู้วิทยาศาสตร์ (Benchmark for scientific literacy) ยังมีการกำหนดลักษณะของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ออกเป็น 3 ด้าน ซึ่งต้องจัดการศึกษาให้กับผู้เรียนทุกช่วงชั้น ได้แก่ ด้านโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific worldview) ด้านการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific inquiry) และด้านกิจการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific enterprise) ขณะเดียวกันเอกสารหลักสูตรการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ของหลายประเทศ เช่น Ontario curriculum: science ของประเทศแคนาดา Western Australia science curriculum ของประเทศออสเตรเลีย และ Science in the New Zealand ของประเทศนิวซีแลนด์ ต่างก็มีการกำหนดให้การเรียนรู้ความเข้าใจธรรมชาติของ

วิทยาศาสตร์เป็นหนึ่งในจุดมุ่งหมายสำคัญในการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเป็นบุคคลที่รู้วิทยาศาสตร์เช่นเดียวกัน กรณีของประเทศนิวซีแลนด์ ได้กำหนดให้หลักสูตรการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ต้องมีการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้กับผู้เรียนทุกช่วงชั้น ทั้งนี้เพราะมีงานวิจัยจำนวนมากรองรับว่า ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ช่วยให้ผู้เรียนตระหนักและเห็นความสำคัญของการเรียนรู้เนื้อหาวิทยาศาสตร์ ช่วยให้ผู้เรียนเกิดทักษะกระบวนการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นหนทางในการส่งเสริมการคิดของผู้เรียน อีกทั้งยังส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสามารถและมีวิจารณญาณในการตัดสินใจต่อประเด็นปัญหาในชีวิตประจำวัน รวมทั้งประเด็นปัญหาทางวิทยาศาสตร์กับสังคม (Science learning hub. 2014)

สำหรับประเทศไทยธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กำหนดไว้เป็นส่วนหนึ่งของสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งต้องจัดการศึกษาให้กับผู้เรียนในทุกช่วงชั้นของระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน รายละเอียดมาตรฐาน ว 8.1 (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. 2551) ดังนี้

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

จากมาตรฐานการเรียนรู้ดังกล่าวนำไปสู่การกำหนดตัวชี้วัดช่วงชั้นอันเป็นคุณลักษณะที่คาดหวังให้เกิดขึ้นในตัวผู้เรียนหลังผ่านการเรียนรู้ ซึ่งตัวชี้วัดช่วงชั้นของทุกระดับชั้นมีลักษณะสำคัญร่วมกัน คือ มีความสามารถในการตั้งคำถาม สร้างสมมติฐานที่สามารถตรวจสอบได้ เลือกกระบวนการทดลองจนวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือในการสำรวจตรวจสอบอย่างเหมาะสม รวบรวมข้อมูล จัดกระทำข้อมูล วิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูล นำข้อมูลที่ได้จากการแปลความหมายไปใช้อธิบายสถานการณ์ใหม่ ตระหนักและเชื่อมโยงลักษณะของข้อมูลที่ได้รวมทั้งการได้มาซึ่งข้อมูล และสุดท้ายมีการนำเสนอผลงานผ่านการแสดงผลงาน การเขียนรายงาน หรือการอธิบาย (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. 2551)

จากการวิเคราะห์มาตรฐานและตัวชี้วัดช่วงชั้นที่เกี่ยวข้องกับการจัดการศึกษาธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเทศไทย มีแนวโน้มที่จะเน้นและให้ความสำคัญกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไปในทิศทางของการเป็นเพียงกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หรือกระบวนการในสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งอาจทำให้ครูวิทยาศาสตร์มีความเข้าใจคลาดเคลื่อนว่า การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ คือ การจัดการเรียนรู้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในขณะที่งานวิจัยระดับนานาชาติอธิบายว่า ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นความเชื่อและค่านิยมที่แฝงอยู่ในความรู้ทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (ลือชา ลดาชาติ; ลฎาภา สุทธิกุล ;และ ชาตรี ฝ่ายคำตา. 2556) ดังนั้นหลากหลายงานวิจัยที่ผ่านมาซึ่งศึกษาเกี่ยวกับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนจึงมีความพยายามแสดงให้เห็นว่า การจัดการ

เรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ควรเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนเข้าใจเกี่ยวกับ ความเชื่อ และค่านิยมที่ใช้อธิบายถึงลักษณะเฉพาะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ลักษณะการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ รวมถึงความเกี่ยวข้องสัมพันธ์ซึ่งกันและกันระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (กาญจนา มหาลี. 2553; ลือชา ลดาชาติ; และลฎาภา สุทธิกุล. 2555; Liangkriilas. 2009; Limpanont. 2011) ทั้งนี้เพราะการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างเหมาะสมจะทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างสอดคล้องกับมิติประชาคมทางวิทยาศาสตร์

2.2 ความหมายของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นการอ้างถึงประวัติความเป็นมาของวิทยาศาสตร์ สังคมวิทยา จิตวิทยา และปรัชญาวิทยาศาสตร์รวมเข้าไว้ด้วยกัน เพื่ออธิบายว่า วิทยาศาสตร์คืออะไร กระบวนการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นอย่างไร ลักษณะการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ร่วมกันอย่างไร รวมถึงบุคคลทั่วไปและสังคมมีการตอบสนอง ชัดขวางหรือสนับสนุนต่อความพยายามในการศึกษาค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์อย่างไร (McComas; Clough; & Almazroa. 2000)

นอกจากนี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ยังเป็นการอ้างถึง ญาณวิทยาและสังคมวิทยาทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งอธิบายว่า ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ คือ หนทางแห่งความรอบรู้ เป็นค่านิยมหรือความเชื่อที่เป็นลักษณะเฉพาะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์และพัฒนาการของความรู้เหล่านั้น (Lederman. 1992; Lederman et al. 2002)

สรุปได้ว่า ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความเชื่อและค่านิยมที่ใช้อธิบายถึงลักษณะเฉพาะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ กิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานร่วมกันของสังคมนักวิทยาศาสตร์ รวมทั้งความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม

2.3 ลักษณะของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

สถาบันซึ่งเกี่ยวข้องกับการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์และนักวิทยาศาสตร์ศึกษาจำนวนหนึ่งได้พยายามกำหนดลักษณะของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน ซึ่งมีทั้งเหมือนกันและแตกต่างกัน ทั้งนี้จากการศึกษาค้นคว้าผู้วิจัยขอสรุปลักษณะของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ออกเป็น 9 ลักษณะ ดังนี้

1. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ (Scientific knowledge is tentative) แม้ว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์จะมีความคงทนในช่วงระยะเวลาหนึ่ง เพราะในการศึกษาค้นคว้าได้อาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่มีความถูกต้อง แม่นยำ มีการตรวจสอบที่น่าเชื่อถือรวมทั้งได้รับการยอมรับจากสังคมวิทยาศาสตร์ แต่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ก็สามารถเปลี่ยนแปลงได้และเป็นความรู้ที่ไม่เคยสมบูรณ์ยังคงสามารถเติมเต็มจากการศึกษาค้นคว้าและสร้างขึ้นใหม่อยู่เสมอ ทั้งนี้เพราะจากการที่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นจากการสังเกตและการลงข้อสรุป ดังนั้นเมื่อมีการสังเกตใหม่หรือมีการลงข้อสรุปใหม่ ซึ่งอาจได้ข้อมูลใหม่หรือหลักฐานใหม่มาอ้างอิงสนับสนุน

หลักฐานเดิม หรือโต้แย้งหลักฐานเดิมย่อมมีผลทำให้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม นอกจากนี้การที่นักวิทยาศาสตร์ตีความข้อมูลหรือหลักฐานเดิมด้วยแนวคิดหรือมุมมองที่แตกต่างไปจากเดิม หรือมีการสร้างคำอธิบายสำหรับหลักฐานเดิมขึ้นมาใหม่ก็ทำให้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้เช่นเดียวกัน (สสวท. 2545; AAAS. 1993; Abd-El-Khalick; & Lederman. 2000; Chen. 2006; Lederman et al. 2002; McComas; Clough; & Almazroa. 2000; Sandoval. 2005; Schwartz; Lederman; & Crawford. 2004)

2. วิทยาศาสตร์อาศัยทั้งจากการสังเกตและการลงความเห็น (Science based on observation and inference) เพราะวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นความพยายามของมนุษย์ที่จะอธิบายโลก และปรากฏการณ์ทางธรรมชาติให้เป็นที่ยอมรับ ดังนั้นนักวิทยาศาสตร์จึงมีความพยายามที่จะใช้การสังเกตโดยประสาทสัมผัสทั้ง 5 ในการรับรู้และบรรยายลักษณะของปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ซึ่งการสังเกตทำให้นักวิทยาศาสตร์ได้ข้อมูลหรือหลักฐานเชิงประจักษ์ที่สามารถนำมาสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ส่วนหนึ่ง และอีกส่วนหนึ่งของการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์อาจใช้การลงความเห็นซึ่งเป็นการตีความหมายจากข้อมูลหรือหลักฐานที่ได้จากการสังเกตนั้นร่วมกับการใช้ความรู้และประสบการณ์เดิม (สสวท. 2545; AAAS. 1993; Abd-El-Khalick; & Lederman. 2000; Chen. 2006; Lederman et al. 2002; McComas; Clough; & Almazroa. 2000; Sandoval. 2005; Schwartz; Lederman; & Crawford. 2004)

3. วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน (Science demands evidence) ทั้งนี้หลักฐานอาจได้มาจากการศึกษาค้นคว้าหลากหลายกระบวนการทั้งการสังเกต ทดลอง สืบสวนตรวจสอบ และลงความเห็นจากหลักฐาน เพื่อใช้ในการอ้างอิงหรือยืนยันในการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยความต้องการหลักฐานซึ่งมีความถูกต้อง แม่นยำมาอ้างอิงหรือยืนยันในการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้นนำไปสู่การที่นักวิทยาศาสตร์ได้พยายามการคิดค้นและพัฒนาเทคนิค วิธีการทดลองจนเทคโนโลยีต่างๆ ให้มีประสิทธิภาพเพื่อเป็นเครื่องมือช่วยให้นักวิทยาศาสตร์สามารถขยายขอบเขตการใช้ประสาทสัมผัสทั้ง 5 ในการศึกษาค้นคว้าหาหลักฐานหรือพิสูจน์หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ให้มากยิ่งขึ้น นอกจากนี้การที่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นจากหลักฐานเป็นสิ่งที่แสดงให้เห็นว่า ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถอธิบายและสามารถตรวจสอบได้ (สสวท. 2545; AAAS. 1993; Abd-El-Khalick; & Lederman. 2000; Lederman et al. 2002; Schwartz; Lederman; & Crawford. 2004)

4. กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความหลากหลาย (Diversity of scientific methods) การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่ได้จำกัดแต่เพียงวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (Science method) หรือจำกัดแต่เพียงการทดลองเท่านั้น แต่นักวิทยาศาสตร์อาจใช้การศึกษาค้นคว้าด้วยกระบวนการอื่นๆ หรือใช้หลากหลายกระบวนการร่วมกันทั้งการสังเกต เปรียบเทียบ จัดจำแนก ทดลอง สืบสวนตรวจสอบ คิดไตร่ตรองหาเหตุผล และการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์อาจไม่มีการเรียงลำดับขั้นตอนที่ชัดเจนแน่นอนทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ ความรู้

เดิม และค่านิยมของนักวิทยาศาสตร์ซึ่งย่อมมีผลต่อการเลือกใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เช่นเดียวกันกับแนวคิดทฤษฎีที่นักวิทยาศาสตร์ยึดถือเป็นแนวทางในการสืบเสาะหาความรู้ (สสวท. 2545; AAAS. 1993; Abd-El-Khalick; & Lederman. 2000; Chen. 2006; Lederman et al. 2002; McComas; Clough; & Almazroa. 2000; Sandoval. 2005)

5. ความเป็นอัตนัยของนักวิทยาศาสตร์มีผลต่อการทำงานทางวิทยาศาสตร์ (The human subjectivity in science) ทั้งนี้เพราะในการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การลงความเห็นหรือตีความจากหลักฐาน ตลอดจนการเลือกใช้กระบวนการ เทคนิควิธีการ และเครื่องมือ ในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักวิทยาศาสตร์แต่ละบุคคลหรือแต่ละกลุ่มย่อมได้รับอิทธิพลจากปัจจัยเกี่ยวกับเพศ อายุ เชื้อชาติ ความรู้และประสบการณ์เดิม รวมทั้งค่านิยมที่นักวิทยาศาสตร์บุคคลนั้นหรือกลุ่มนั้นๆ ยึดถือ ซึ่งปัจจัยดังกล่าวอาจทำให้นักวิทยาศาสตร์มีอคติในการทำงาน และแม้ว่านักวิทยาศาสตร์จะพยายามหลีกเลี่ยงอคติเหล่านั้น แต่ย่อมไม่สามารถหลีกเลี่ยงอคติได้ทั้งหมด ดังนั้นนักวิทยาศาสตร์จึงจำเป็นต้องเข้าใจที่มาและผลของอคติที่อาจมีต่อหลักฐานหรือการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของตนเอง เพื่อเป็นการตรวจสอบความถูกต้องและความน่าเชื่อถือได้ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้น นักวิทยาศาสตร์จึงต้องการการการวิพากษ์วิจารณ์ การทบทวน และการตรวจสอบจากกลุ่มคนในสังคมวิทยาศาสตร์ด้วยกัน (สสวท. 2545; AAAS. 1993; Chen. 2006; Lederman et al. 2002; Schwartz; Lederman; & Crawford. 2004)

6. ความแตกต่างระหว่างกฎและทฤษฎี (Deferent between science law and scientific theory) กฎเป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีลักษณะเป็นแบบแผนที่ปรากฏในธรรมชาติ แต่ทฤษฎีเป็นคำอธิบายหรือคำทำนายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติต่างๆ ทั้งนี้กฎและทฤษฎีมีความสัมพันธ์กัน โดยกฎอธิบายโดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างเหตุกับผล สามารถบอกได้ว่าผลที่เกิดขึ้นมีสาเหตุมาจากอะไร แต่ไม่สามารถอธิบายได้ว่าทำไมจึงเป็นเช่นนั้น ขณะที่ทฤษฎีจะสามารถอธิบายความสัมพันธ์ในกฎได้หรือสามารถอธิบายได้ว่าผลที่เกิดขึ้นจากสาเหตุนั้นเป็นเพราะอะไร ทำไมจึงเกิดขึ้น แต่ทั้งนี้กฎและทฤษฎีมีความแตกต่างกันเพราะมีที่มาแตกต่างกัน กฎสร้างขึ้นจากการสังเกตหรือการทดลองซ้ำๆ จนได้แบบแผนที่แน่นอนแต่ทฤษฎีสร้างขึ้นจากการสังเกตและการพยายามอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น ทฤษฎีไม่สามารถกลายเป็นกฎได้แม้จะมีหลักฐานเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามทั้งกฎและทฤษฎียังเป็นข้อความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้เช่นเดียวกัน (AAAS. 1993; Lederman et al. 2002; McComas; Clough; & Almazroa. 2000; Sandoval. 2005; Schwartz; Lederman; & Crawford. 2004)

7. ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการมีผลต่อการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Creativity and imagination in science) ทั้งนี้เพราะการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องใช้ทั้งความเป็นเหตุเป็นผล ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการ ซึ่งจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์มีส่วนสำคัญอย่างมากในการสร้างทฤษฎีหรือคำอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ รวมทั้งการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการในทุกขั้นตอนของการศึกษาค้นคว้า และแม้ว่า

การคิดค้นทางวิทยาศาสตร์จะเกิดขึ้นได้จากความบังเอิญหรือการครุ่นคิดอย่างต่อเนื่อง แต่สิ่งสำคัญที่จะทำให้ นักวิทยาศาสตร์คิดค้นคำอธิบายหรือทฤษฎีขึ้นมาได้ คือ การตระหนักรู้ในความหมายของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น ซึ่งต้องอาศัยทั้งความรู้ ความเป็นเหตุเป็นผล จินตนาการ และความคิดสร้างสรรค์ ดังนั้นนักวิทยาศาสตร์ต้องมีความคิดสร้างสรรค์ควบคู่กับความเป็นเหตุเป็นผลในการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (สสวท. 2545; AAAS. 1993; Abd-El-Khalick; & Lederman. 2000; Chen. 2006; Lederman et al. 2002; McComas; Clough; & Almazroa. 2000; Sandoval. 2005; Schwartz; Lederman; & Crawford. 2004)

8. วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมทางสังคม (Science is a social activity) ทั้งนี้เพราะวิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมที่มาจากความพยายามของมนุษย์ เป็นหนึ่งในกิจกรรมทางสังคมที่มีความซับซ้อน มีหลากหลายมิติทั้งในระดับบุคคล ระดับองค์กร ระดับสังคม รวมทั้งเป็นกิจกรรมทางสังคมที่ทุกคนมีส่วนร่วม ไม่ว่าจะอยู่ในส่วนใดของโลกหรือเป็นผู้คนในวัฒนธรรมใด เพราะวิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมที่อยู่ภายใต้ระบบสังคมของมนุษย์ ซึ่งอาจได้รับการสนับสนุนหรือถูกขัดขวางด้วยปัจจัยทางสังคม ได้แก่ ศาสนา วัฒนธรรม ประเพณี รวมทั้งค่านิยมทางสังคม นอกจากนี้วิทยาศาสตร์ยังแตกแขนงเป็นสาขาต่างๆ และมีการดำเนินการในหลากหลายองค์กร การทำงานที่แยกเป็นสาขาต่างๆ มีประโยชน์ในการจัดโครงสร้างการทำงานและคำอธิบายที่สร้างขึ้น โดยกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์มีการดำเนินการในหลากหลายองค์กร เช่น มหาวิทยาลัย โรงพยาบาล ภาครัฐกิจ อุตสาหกรรม หน่วยงานรัฐบาล หรือองค์กรอิสระ เป็นต้น แต่อาจมีจุดเน้นที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามการศึกษาค้นคว้าและการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต้องอยู่ในขอบเขตของคุณธรรม จริยธรรม และต้องเป็นที่ยอมรับของสังคม รวมทั้งเป็นการรักษาสังแวดล้อมให้สมดุลและอย่างยั่งยืน ทั้งนี้ นักวิทยาศาสตร์อาจจะต้องทำงานภายใต้จริยธรรมทางวิทยาศาสตร์ (สสวท. 2545; AAAS. 1993; Lederman et al. 2002; McComas; Clough; & Almazroa. 2000)

9. วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม มีผลกระทบซึ่งกันและกัน (Science technology and social effected each others) ทั้งนี้เพราะวิทยาศาสตร์มีผลต่อการสร้างความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีและการพัฒนาคุณภาพชีวิตของคนในสังคม ขณะเดียวกันความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีก็ส่งผลต่อการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์และช่วยให้คุณภาพชีวิตของคนในสังคมดีขึ้น อย่างไรก็ตามคนในสังคมสามารถสนับสนุนหรือขัดขวางการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ นอกจากนี้การสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ย่อมได้รับอิทธิพลจากสังคม ขณะเดียวกันการสื่อสารการเผยแพร่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่คิดค้นขึ้นย่อมทำให้คนในสังคมเกิดความคิดในเชิงวิเคราะห์ วิพากษ์วิจารณ์ และมีผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของบุคคลในสังคม นอกจากนี้วิทยาศาสตร์ยังเป็นพื้นฐานสำคัญในการพัฒนาเทคโนโลยี ทั้งนี้เพราะการใช้เทคโนโลยีมาช่วยในการพัฒนาและปรับปรุงผลิตภัณฑ์ ต้องอาศัยความรู้ทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับศาสตร์อื่นๆ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ตอบสนองความต้องการ เอื้อประโยชน์ในการดำรงชีวิตและแก้ปัญหาต่างๆ ของบุคคลในสังคม ดังนั้นการใช้เทคโนโลยีจึงต้องเป็นไปในทางสร้างสรรค์ต่อคนในสังคม ส่วนเทคโนโลยีก็มีบทบาทใน

การขยายขอบเขตความสามารถของคนเราในการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้วยเช่นเดียวกัน (สสวท. 2545; AAAS. 1993; Lederman et al. 2002; McComas; Clough; & Almazroa. 2000)

ผู้วิจัยขอสรุปลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ซึ่งสถาบันการศึกษาและนักวิทยาศาสตร์ศึกษาให้ความสนใจศึกษา ดังตาราง 1

ตาราง 1 การวิเคราะห์ลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	สสวท. 2545	AAAS. 1993	Abd-El-Khalick; & Lederman. 2000	Chen. 2006	Lederman et al. 2002	McComas; Clough; & Almazroa. 2000	Sandoval. 2005	Schwartz; Lederman; & Crawford. 2004
1. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2. วิทยาศาสตร์อาศัยทั้งจากการสังเกตและการลงความเห็น	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3. วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน	✓	✓	✓	-	✓	-	-	✓
4. กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความหลากหลาย	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5. ความเป็นอัตโนมัติของนักวิทยาศาสตร์มีผลต่อการทำงานทางวิทยาศาสตร์	✓	✓	-	✓	✓	-	-	✓
6. ความแตกต่างระหว่างกฎและทฤษฎี	-	✓	-	-	✓	✓	-	✓
7. ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการมีผลต่อการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
8. วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมทางสังคม	✓	✓	-	-	✓	✓	-	-
9. วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมมีผลกระทบซึ่งกันและกัน	✓	✓	-	-	✓	✓	-	-

จากตาราง 1 สามารถสรุปว่า ลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ซึ่งสถาบันการศึกษา และนักวิทยาศาสตร์ศึกษาได้กล่าวถึงและให้ความสนใจศึกษาร่วมกันทั้งหมดนั้นมี 4 ลักษณะ ได้แก่ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ วิทยาศาสตร์อาศัยทั้งการสังเกตและการลงความเห็น กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความหลากหลาย และความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการมีผลต่อการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมุ่งศึกษาการส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์ 8 ลักษณะ ดังนี้ 1) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ 2) วิทยาศาสตร์ อาศัยทั้งการสังเกตและการลงความเห็น 3) วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน 4) กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความหลากหลาย 5) ความเป็นอัตนัยของนักวิทยาศาสตร์มีผลต่อการทำงานทางวิทยาศาสตร์ 6) ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการมีผลต่อการสืบเสาะหาความรู้ทาง วิทยาศาสตร์ 7) วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมทางสังคม 8) วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมมี ผลกระทบซึ่งกันและกัน

ทั้งนี้เพราะจากการวิเคราะห์งานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า ผู้เรียนยังมีความเข้าใจไม่ สอดคล้องกับมติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ด้านต่าง ๆ ดังนี้ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถ เปลี่ยนแปลงได้ (สิรินภา กิจเกื้อกูล; นฤมล ยุตาคุม; และ อรุณี อิงคกุล. 2548; Khishfe. 2008; Schwartz; Lederman; & Crawford. 2004) วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน (สิรินภา กิจเกื้อกูล; นฤ มล ยุตาคุม; และอรุณี อิงคกุล. 2548; Khishfe. 2008; Schwartz; Lederman; & Crawford. 2004) ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการมีผลต่อการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (กาญจนา มหาลี. 2553; Khishfe. 2008; Schwartz; Lederman; & Crawford. 2004) กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ทางวิทยาศาสตร์มีความหลากหลาย (กาญจนา มหาลี. 2553; สุทธิดา จำรัส; นฤมล ยุตาคุม; และพร ทิพย์ ไชยโส. 2552) นอกจากนี้ผู้เรียนยังขาดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้าน วิทยาศาสตร์อาศัยทั้งการสังเกตและการลงความเห็นจากหลักฐาน (ลือชา ลดาชาติ; และ ลฎาภา สุทธกุล. 2555; Khishfe. 2008; Khishfe; & Abd El-Khalick. 2002; Limpanont. 2011) ความเป็น อัตนัยของนักวิทยาศาสตร์มีผลต่อการทำงานทางวิทยาศาสตร์ (สุทธิดา จำรัส; นฤมล ยุตาคุม; และ พรทิพย์ ไชยโส. 2552; Khishfe. 2008; Khishfe; & Abd El-Khalick. 2002) วิทยาศาสตร์เป็น กิจกรรมทางสังคม วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมมีผลกระทบซึ่งกันและกัน (สิรินภา กิจเกื้อกูล; นฤมล ยุตาคุม; และอรุณี อิงคกุล. 2548; Bell et al. 2003)

แม้ว่าความแตกต่างระหว่างกฎและทฤษฎี จะเป็นลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ ผู้เรียนยังมีความเข้าใจไม่สอดคล้องกับมติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (สุทธิดา จำรัส; นฤมล ยุตา คุม; และพรทิพย์ ไชยโส. 2552; Schwartz; Lederman; & Crawford. 2004) แต่จากการพิจารณา เนื้อหาบทเรียน หน่วยการเรียนรู้เรื่อง เซลล์และการแบ่งเซลล์ ไม่มีตัวอย่างข้อความรู้ที่มีลักษณะ เป็นกฎอย่างชัดเจน ดังนั้นจึงไม่สามารถบูรณาการลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์นี้ร่วมกับ เนื้อหาบทเรียนในหน่วยการเรียนรู้ดังกล่าวได้ ขณะเดียวกันลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ทั้ง 8

ลักษณะที่ศึกษาในครั้งนี้สามารถนำมาบูรณาการกับเนื้อหาบทเรียนเรื่อง เซลล์และการแบ่งเซลล์ ได้ รวมทั้งสามารถส่งเสริมให้เกิดกับผู้เรียนได้โดยการจัดการเรียนรู้แบบบ่งชี้และสะท้อนความคิด ร่วมกับการสืบเสาะหาความรู้และการใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์

2.4 ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน

การศึกษาความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนเป็นที่สนใจทั้งในประเทศและต่างประเทศ ทั้งนี้เป้าหมายของการศึกษาเพื่อให้ทราบว่า ผู้เรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์หรือไม่ และมีความเข้าใจอย่างไร ซึ่งผลการศึกษานำไปใช้ประโยชน์ในการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยทำให้ทราบว่าควรส่งเสริมหรือพัฒนาให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในด้านใดบ้าง

จากงานวิจัยที่ศึกษาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนมีบางงานวิจัยซึ่งพบว่า ผู้เรียนมีความเข้าใจถูกต้องว่า ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้เมื่อมีหลักฐานใหม่มาโต้แย้งหลักฐานเดิม หรือการตีความจากหลักฐานเดิมของนักวิทยาศาสตร์แตกต่างไปจากเดิม และวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน โดยนักวิทยาศาสตร์ต้องทำการศึกษาค้นคว้า ทดลองเพื่อหาหลักฐานมายืนยันและสนับสนุนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (ลือชา ลดาชาติ; และ ลฎาภา สุทธกุล. 2555; สุทธิดา จำรัส; นฤมล ยุตาคม; และพรทิพย์ ไชยโส. 2552) แต่บางงานวิจัยยังพบว่า ผู้เรียนยังมีความเข้าใจว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ เนื่องจากเป็นความรู้ที่มาจาก การพิสูจน์และตรวจสอบมาแล้ว (สิรินภา กิจเกื้อกูล; นฤมล ยุตาคม; และอรุณี อิงคกุล. 2548; Khishfe. 2008; Schwartz; Lederman; & Crawford. 2004) และผู้เรียนส่วนใหญ่ยังมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนว่า วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานเชิงประจักษ์มาอ้างอิงและยืนยัน โดยหลักฐานเชิงประจักษ์นั้นต้องมาจากการทดลองและเป็นสิ่งที่จับต้องได้ (สิรินภา กิจเกื้อกูล; นฤมล ยุตาคม; และอรุณี อิงคกุล. 2548; Khishfe. 2008; Schwartz; Lederman; & Crawford. 2004) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นความจริงแท้เนื่องจากมีหลักฐานเชิงประจักษ์มารองรับและไม่มีความเกี่ยวข้องกับ การใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการของนักวิทยาศาสตร์เพราะความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการไม่สามารถนำมาเป็นหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ได้ (กาญจนา มหาลี. 2553; Khishfe. 2008; Schwartz; Lederman; & Crawford. 2004) กฎเป็นข้อความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีความน่าเชื่อถือมากกว่าทฤษฎีและทฤษฎีที่ผ่านการทดลองซ้ำหลายครั้งและให้ผลถูกต้องจนเป็นที่น่าเชื่อถือจะเปลี่ยนแปลงไปเป็นกฎ ทั้งนี้กฎไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้แต่ทฤษฎีสามารถเปลี่ยนแปลงได้ (สุทธิดา จำรัส; นฤมล ยุตาคม; และพรทิพย์ ไชยโส. 2552; Schwartz; Lederman; & Crawford. 2004) กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีเพียงวิธีการทดลองและต้องมีลำดับขั้นตอนที่ชัดเจนแน่นอน (กาญจนา มหาลี. 2553; สุทธิดา จำรัส; นฤมล ยุตาคม; และพรทิพย์ ไชยโส. 2552) สังคมและวัฒนธรรมไม่มีผลกระทบต่อวิทยาศาสตร์เพราะความรู้ทางวิทยาศาสตร์มี ความเป็นสากลและมาจากการทดลองที่ทำตามลำดับขั้นตอนที่แน่นอนชัดเจน (สิรินภา กิจเกื้อกูล;

นฤมล ยุตาคม; และอรุณี อิงคกุล. 2548; สุทธิดา จำรัส; นฤมล ยุตาคม; และ พรทิพย์ ไชยโส. 2552)

นอกจากนี้ผู้เรียนยังไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างของการสังเกตและการตีความจากหลักฐานซึ่งมาการสังเกตได้ (Khishfe. 2008; Khishfe. 2012; Khishfe; & Abd El-Khalick. 2002; Limpanont. 2011) รวมทั้งยังขาดความเข้าใจว่า ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากการตีความจากหลักฐาน (ลือชา ลดาชาติ; และ ลฎาภา สุทธกุล. 2555) ความรู้ ประสบการณ์เดิม ตลอดจนความเชื่อ และค่านิยมที่นักวิทยาศาสตร์ยึดถือมีผลต่อการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ (สุทธิดา จำรัส; นฤมล ยุตาคม; และพรทิพย์ ไชยโส. 2552; Khishfe. 2008; Khishfe; & Abd El-Khalick. 2002) อีกทั้งยังขาดความตระหนักถึงความสำคัญและความซับซ้อนของกิจการทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องอาศัยความร่วมมือระหว่างนักวิทยาศาสตร์และบุคคลในสังคมหลากหลายกลุ่มในการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์ (สิรินภา กิจเกื้อกูล; นฤมล ยุตาคม; และอรุณี อิงคกุล. 2548; Bell et al. 2003) ทั้งนี้จากวิเคราะห์งานวิจัยที่ผ่านมา ผู้วิจัยขอสรุปลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ซึ่งผู้เรียนส่วนใหญ่ยังขาดความเข้าใจ ดังตาราง 2

ตาราง 2 ลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ผู้เรียนยังขาดความเข้าใจ

ลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	ผู้วิจัย
วิทยาศาสตร์อาศัยทั้งการสังเกตและการลงความเห็น	- ลือชา ลดาชาติ; ลฎาภา สุทธกุล. (2555) - Khishfe. (2008) - Khishfe; & Abd El-Khalick.. (2002) - Limpanont (2011)
ความเป็นอัตนัยของนักวิทยาศาสตร์มีผลต่อการทำงานทางวิทยาศาสตร์	- สุทธิดา จำรัส; นฤมล ยุตาคม; และพรทิพย์ ไชยโส (2552) - Khishfe. (2008) - Khishfe; & Abd El-Khalick.. (2002)
วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมทางสังคม และวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมมีผลกระทบซึ่งกันและกัน	- สิรินภา กิจเกื้อกูล; นฤมล ยุตาคม; และอรุณี อิงคกุล (2548) - Bell et al. (2003)

จากตาราง 2 สามารถสรุปได้ว่า ลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ซึ่งผู้เรียนยังขาดความเข้าใจทั้ง 3 ลักษณะ ควรได้รับการเน้นย้ำให้จัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความเข้าใจลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ดังกล่าวถูกต้องมากขึ้น

นอกจากนี้ผู้วิจัยขอสรุปลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ซึ่งผู้เรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนไปจากลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ซึ่งได้รับการยอมรับในปัจจุบัน ดังตาราง 3

ตาราง 3 ความธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ไม่สอดคล้องกับมติประชาคมทางวิทยาศาสตร์

ความเข้าใจไม่สอดคล้องกับมติประชาคมทางวิทยาศาสตร์	ผู้วิจัย
ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ เนื่องจากเป็นความรู้ที่มาจากการพิสูจน์และตรวจสอบมาแล้ว	- สิริินภา กิจเกื้อกูล; นฤมล ยุตาคม; และอรุณี อิงคกุล (2548) - Khishfe. (2008) - Schwartz; Lederman; & Crawford. (2004)
วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานเชิงประจักษ์มาอ้างอิง และยืนยัน โดยหลักฐานเชิงประจักษ์นั้นต้องมาจากการทดลองและเป็นสิ่งที่จับต้องได้	- สิริินภา กิจเกื้อกูล; นฤมล ยุตาคม; และ อรุณี อิงคกุล (2548) - Khishfe. (2008) - Schwartz; Lederman; & Crawford. (2004)
ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นความจริงแท้เนื่องจากมีหลักฐานเชิงประจักษ์มารองรับและไม่มีความเกี่ยวข้องกับการใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการของนักวิทยาศาสตร์เพราะความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการไม่สามารถนำมาเป็นหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ได้	- กาญจนา มหาลี (2553) - Khishfe. (2008) - Schwartz; Lederman; & Crawford. (2004)
กฎเป็นข้อความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีความน่าเชื่อถือมากกว่าทฤษฎี หากทฤษฎีผ่านการทดลองซ้ำหลายครั้ง และให้ผลถูกต้องจนเป็นที่น่าเชื่อถือจะเปลี่ยนแปลงไปเป็นกฎ ทั้งนี้กฎไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ แต่ทฤษฎีสามารถเปลี่ยนแปลงได้	- สุธิดา จำรัส; นฤมล ยุตาคม; และพรทิพย์ ไชยโส (2552) - Schwartz; Lederman; & Crawford. (2004)
กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีเพียงวิธีการทดลอง และต้องเป็นไปตามลำดับขั้นตอนที่แน่นอน	- กาญจนา มหาลี (2553) - สุธิดา จำรัส; นฤมล ยุตาคม; และพรทิพย์ ไชยโส (2552)
สังคมและวัฒนธรรมไม่มีผลกระทบต่อวิทยาศาสตร์ เพราะความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความเป็นสากลและมาจากการทดลองที่ทำตามลำดับขั้นตอนที่ถูกต้องชัดเจนสามารถตรวจสอบได้	- สิริินภา กิจเกื้อกูล; นฤมล ยุตาคม; และ อรุณี อิงคกุล (2548) - สุธิดา จำรัส; นฤมล ยุตาคม; และพรทิพย์ ไชยโส (2552)

จากตาราง 3 สามารถสรุปได้ว่า ลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ซึ่งผู้เรียนยังมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนมีทั้งหมด 6 ลักษณะ ควรได้รับการเน้นย้ำให้จัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความเข้าใจลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ดังกล่าวถูกต้องมากขึ้น

2.5 การวัดและประเมินความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

การวัดและประเมินความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สามารถใช้เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูลที่มีลักษณะเป็นแบบสอบถามแบบมาตราส่วนประเมินค่าตามแบบของ Likert scale (Lederman et al. 2002) ซึ่งมีข้อดีคือ สามารถใช้ในการวัดและประเมินความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ได้สะดวก (Chai et al. 2010; Lin ; & Tsai. 2008 citing Deng et al. 2011)

แต่เนื่องจากแบบสอบถามลักษณะนี้จะให้ข้อมูลในเชิงปริมาณไม่สามารถอธิบายรายละเอียดความเข้าใจหรือมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้ ดังนั้นนักวิทยาศาสตร์ศึกษาจำนวนหนึ่งจึงสร้างแบบสอบถามแบบคำถามปลายเปิด (open-ended questionnaire) ตัวอย่างเช่น V-NOS A (Lederman; & O'Malley. 1990) V-NOS B (Abd-El-Khalick et al. 1998) V-NOS C (Lederman et al. 2002) แบบสอบถามมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่มีความเกี่ยวข้องกับสัมพันธกับสังคมและเทคโนโลยี (Dass. 2005) เพื่อให้สามารถศึกษารายละเอียดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้จากการเขียนอธิบายและให้เหตุผลของผู้เรียน อีกทั้งยังสามารถนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ แต่มีข้อจำกัด คือ ไม่สามารถใช้กับผู้เรียนที่มีระดับความสามารถในการอ่านและเขียนต่ำ เพราะผู้เรียนจะไม่สามารถอ่านทำความเข้าใจข้อคำถามและเขียนอธิบายรวมทั้งให้เหตุผลได้เท่าที่ควร สำหรับการเขียนความเรียง (Essay) จะใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่มีความสามารถในการเขียนอธิบายและให้เหตุผลในระดับสูง และเป็นกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กเท่านั้น (Kalman. 2010 citing Deng et al. 2011)

นอกจากนี้ยังมีแบบทดสอบความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบเลือกตอบซึ่งมีข้อคำถามที่เป็นแบบเลือกตอบ ถูก-ผิด และแบบเลือกตอบจากหลายตัวเลือก (Multiple Choice Item) (Chen et al. 2013; Kang; Scharman; & Noh. 2004; Wenning. 2006) ซึ่งข้อดีของแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในลักษณะนี้ คือ สามารถนำไปใช้วัดความเข้าใจของนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ได้ ผู้เรียนในระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษามีความคุ้นเคยกับการทำแบบทดสอบในลักษณะนี้มากกว่าแบบคำถามปลายเปิด (Chen et al. 2013; Wenning. 2006) แต่เนื่องจากแบบทดสอบนี้มีลักษณะคำตอบเป็นแนวคิด ผู้เรียนอาจใช้การจดจำตัวเลือกที่เป็นคำตอบที่ถูกต้องมากกว่าที่จะสามารถอธิบายด้วยความเข้าใจของตนเอง สำหรับการสัมภาษณ์ (Interview) เป็นอีกหนึ่งวิธีการที่สามารถนำมาใช้ได้กับกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดเล็กจนถึงขนาดกลาง (Moss et al. 2001; Sandoval; & Morrison. 2003 citing Deng et al. 2011)

อย่างไรก็ตามการศึกษาและการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน มีความจำเป็นต้องได้ข้อมูลในเชิงลึกและเป็นการยืนยันข้อมูลอย่างถูกต้องมากขึ้น เพื่อ

ประกอบการจัดอันดับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนอย่างเหมาะสมและรอบด้านมากยิ่งขึ้น รวมทั้งเพื่อให้สามารถนำข้อมูลเหล่านั้นมาเป็นแนวทางในการส่งเสริมผู้เรียนให้มีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น การวัดและประเมินความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ จึงจำเป็นต้องใช้เครื่องมือวัดและประเมินมากกว่า 1 เครื่องมือ ดังตัวอย่างเช่น การใช้แบบสอบถามแบบมาตราส่วนประเมินค่าร่วมกับการสัมภาษณ์ (Deng et al. 2011 citing Liu; & Tsai. 2008) การใช้แบบสอบถามแบบคำถามปลายเปิดร่วมกับการสัมภาษณ์ (Abd-El-Khalick and Lederman. 2000; Khishfe; & Abd-El-Khalick. 2002; Khishfe; & Lederman. 2006; Khishfe. 2008) การสัมภาษณ์ร่วมกับการเขียนความเรียง (Roth; & Lucas. 1997 citing Deng et al. 2011) การสัมภาษณ์ร่วมกับการสังเกต (Liangkrilas. 2009) และแบบสอบถามแบบคำถามปลายเปิดร่วมกับการสัมภาษณ์เพิ่มเติมและการสังเกต (Schwartz; Lederman; & Crawford. 2004) ทั้งนี้ เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลจากงานวิจัยต่างๆ มีรายละเอียด ดังตาราง 4



ตาราง 4 ตัวอย่างการเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลความเข้าใจธรรมชาติของ
วิทยาศาสตร์

คณะผู้วิจัย	การเก็บรวบรวม ข้อมูล	การวิเคราะห์ ข้อมูล
Abd-El-Khalick et al. (1998)	OEQ	CA
Abd-El-Khalick; & Lederman. (2000)	OEQ, Int	CA
Chai et al. (2010)*	LS	SA
Chen et al. (2013)	MCQ	SA
Dass. (2005)	OEQ	CA
Kalman. (2010)*	Essay	CA
Kang; Scharman; & Noh. (2004)	MCQ	SA
Khishfe; & Abd-El-Khalick. (2002)	OEQ, Int	CA
Khishfe; & Lederman. (2006)	OEQ, Int	CA
Khishfe. (2008)	OEQ, Int	CA
Lederman et al. (2002)	OEQ	CA
Lederman; & O'Malley. (1990)	OEQ	CA
Liangkrilas. (2009)	Int, Ob	CA
Limpanont. (2011)	OEQ, Int	CA
Lin; & Tsai. (2008)*	LS	SA
Liu; & Tsai. (2008)*	LS, Int	SA
Moss et al. (2001)*	Int	CA
Sandoval; & Morrison. (2003)*	Int	CA
Schwartz; Lederman; & Crawford. (2004)	OEQ,Int,Ob	CA
Roth; & Lucas. (1997)*	Int, Essay	CA
Wenning. (2006)	MCQ	SA

หมายเหตุ : * อ้างอิงข้อมูลจาก Deng และคนอื่นๆ (Deng et al. 2011); CA : การวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) ; SA: การวิเคราะห์ทางสถิติ (Statistical Analysis); OEQ: แบบสอบถามแบบคำถามปลายเปิด (Open-ended questionnaire); Int: การสัมภาษณ์ (Interview); MCQ: แบบสอบถามแบบเลือกตอบ (Multiple choice questionnaire); Essay: การเขียนความเรียง; LS : แบบสอบถามแบบมาตราส่วนประเมินค่า (Likert scale); Ob: การสังเกต (Observation)

จากตาราง 4 สามารถสรุปได้ว่า งานวิจัยที่ผ่านมาเลือกใช้เครื่องมือและวิธีการการวัดและประเมินผลความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนทั้งเหมือนและแตกต่างกันไป การวิเคราะห์ข้อมูลมีได้ 2 แนวทาง คือ การวิเคราะห์เชิงเนื้อหาและการวิเคราะห์ทางสถิติ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของเครื่องมือและวิธีการที่นักวิจัยเลือกใช้ การวิเคราะห์เนื้อหาใช้วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามคำถามปลายเปิด การสัมภาษณ์ การเขียนความเรียง และการสังเกต ส่วนการวิเคราะห์เชิงสถิติใช้วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามแบบมาตราส่วนประเมินค่าและแบบสอบถามแบบเลือกตอบ

จากการวิเคราะห์เครื่องมือและวิธีการในการวัดและประเมินผลความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน ผู้วิจัยได้ข้อสรุปว่า การนำหรือสร้างเครื่องมือวัดและประเมินผลความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ต้องพิจารณาและทำความเข้าใจข้อดี ข้อจำกัดของเครื่องมือแต่ละแบบให้รอบคอบ และเลือกนำมาใช้หรือสร้างมาใช้ให้สอดคล้องและเหมาะสมกับบริบทของกลุ่มตัวอย่าง ลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ต้องการวัด ตลอดจนบริบททั่วไปของงานวิจัยของตนเองให้มากที่สุด ขณะเดียวกันต้องคำนึงถึงระยะเวลาและงบประมาณในการทำงานวิจัยด้วยเช่นเดียวกัน

ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงทำการวัดและประเมินผลความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนด้วยเครื่องมือในการวัดและประเมินผลความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน ดังนี้ 1) แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบคำถามปลายเปิด จำนวน 11 ข้อ ซึ่งเป็นแบบวัดที่ผู้วิจัยปรับปรุงขึ้นจากแบบสอบถามทรรศนะที่มีต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ VNOS - C (Lederman et al. 2002) 2) การสัมภาษณ์ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม ทั้งนี้การสัมภาษณ์เพื่อเป็นการตรวจสอบและยืนยันข้อมูลจากแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 3) อนุทินของนักเรียน เป็นอนุทินที่ให้นักเรียนเขียนสะท้อนความคิดต่อสิ่งที่ผู้เรียนได้เรียนรู้และบรรยากาศการเรียนรู้ ซึ่งผู้วิจัยสร้างและพัฒนาขึ้นจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเช่นเดียวกัน

3. ทฤษฎีการสร้างความรู้ (Constructivism)

3.1 ความสำคัญของทฤษฎีการสร้างความรู้

ทฤษฎีการสร้างความรู้หรือทฤษฎีสรคณิยม มีบทบาทสำคัญและได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางสำหรับการนำมาใช้ในการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้เพราะทฤษฎีการสร้างความรู้เป็นทฤษฎีที่ใช้ในการอธิบายว่า กระบวนการเรียนรู้และการสร้างความรู้ของผู้เรียนเกิดขึ้นได้อย่างไร (Eggen; & Kauchak. 2001) และเป็นทฤษฎีที่มีรากฐานมาจากทฤษฎีจิตวิทยาการเรียนรู้ที่สำคัญ คือ ทฤษฎีพัฒนาการทางเซวาร์ปัญญาของเพียเจต์ ทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมายของออสเชเบล ทฤษฎีการเรียนรู้แบบค้นพบความรู้ด้วยตนเองของบรูเนอร์ และทฤษฎีพัฒนาการทางเซวาร์ปัญญาแบบเน้นปฏิสัมพันธ์ทางสังคมและวัฒนธรรมของไวโกตสกี (ทิสนา แชมมณี. 2551: 90 - 91; วรรณทิพา รอดแรงคำ. 2540)

3.2 ความหมายของทฤษฎีการสร้างความรู้

ทฤษฎีการสร้างความรู้มีความเชื่อพื้นฐานว่า ความรู้ไม่ใช่สิ่งที่ดูดซับหรือถ่ายทอดได้แต่ถูกสร้างขึ้นในสมองของบุคคลนั้นๆ ผ่านการลงมือปฏิบัติ ขณะเดียวกันแรงจูงใจในการสร้างความรู้ต้องมาจากตัวผู้เรียนเอง ครูไม่สามารถถ่ายทอดความรู้ไปยังผู้เรียนได้ (Bybee. 1997; Tytler. 2002) ทั้งนี้การสร้างความรู้ของผู้เรียนเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในตัวบุคคล ภายใต้การควบคุมของตนเองในการต่อสู้กับความขัดแย้งหรือภาวะไม่สมดุลระหว่างความรู้เดิมหรือประสบการณ์เดิมที่มีอยู่กับประสบการณ์ใหม่ที่เกิดจากการเรียนรู้ เป็นความพยายามที่จะสร้างความหมายให้กับสิ่งที่เรียนรู้ โดยมีภาษา วัฒนธรรม และปฏิสัมพันธ์ทางสังคม เป็นสิ่งสนับสนุนให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ (วรรณทิพา รอดแรงคำ. 2540 อ้างอิงจาก Fosnot. 1996; von Glasersfeld. 1991; Osborne. 1996; Brooks; & Brooks. 1993; Eggen; & Kauchak. 2001) การจัดประสบการณ์การเรียนรู้ให้กับผู้เรียนจึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง และครูจึงมีบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนและกิจกรรมการเรียนรู้ที่จัดขึ้นต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะการคิดร่วมกับการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง (วรรณทิพา รอดแรงคำ. 2540 อ้างอิงจาก Fosnot. 1996; von Glasersfeld. 1991; Osborne. 1996)

3.3 ลักษณะของทฤษฎีการสร้างความรู้

นักการศึกษาอธิบายลักษณะของทฤษฎีการสร้างความรู้สามารถสรุปได้ 4 ลักษณะ (Simpson. 2001) ดังนี้

1) ผู้เรียนสร้างความเข้าใจด้วยตนเอง ทั้งนี้เพราะผู้เรียนย่อมตีความสิ่งเร้าที่รับรู้ผ่านทางประสาทสัมผัสบนพื้นฐานของสิ่งที่ผู้เรียนรู้อยู่แล้วจากนั้นจึงสร้างเป็นความเข้าใจที่ยอมรับได้ด้วยตนเอง

2) การเรียนรู้สิ่งใหม่อาศัยความเข้าใจที่มีอยู่ในปัจจุบัน ทั้งนี้การเรียนรู้สิ่งใหม่ของผู้เรียนต้องอาศัยทั้งความรู้หรือประสบการณ์เดิมที่ผู้เรียนมีอยู่ร่วมกับประสบการณ์ใหม่ที่ได้รับจากการเรียนรู้ แต่ความรู้หรือประสบการณ์เดิมของผู้เรียนอาจส่งเสริมหรือขัดขวางต่อการเรียนรู้สิ่งใหม่ของผู้เรียนได้ ดังนั้นกิจกรรมการเรียนรู้จึงต้องให้ผู้เรียนฝึกการแยกแยะข้อมูลก่อน แล้วจึงทำการเชื่อมโยงข้อมูลต่อไป

3) การเรียนรู้ดำเนินไปด้วยความสะดวกเมื่อมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคม ทั้งนี้เพราะปฏิสัมพันธ์ทางสังคมช่วยให้ผู้เรียนมีโอกาสได้ตรวจสอบความคิดของตนเองโดยการเปรียบเทียบกับความคิดของผู้อื่นและเปลี่ยนแปลงความคิดหากพบว่าความคิดของตนเองยังไม่ถูกต้อง ผู้เรียนจึงต้องฝึกทั้งการคิดการสื่อสาร และร่วมเรียนรู้ร่วมกันผ่านกระบวนการกลุ่ม

4) การเรียนรู้ภายใต้สถานการณ์จริงหรือสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับความจริงย่อมเกิดประโยชน์ต่อผู้เรียนมากที่สุด ทั้งนี้เพราะการที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ภายใต้บริบทสถานการณ์จริงหรือใกล้เคียงทำให้การเรียนรู้ที่มีความหมายต่อผู้เรียนมากกว่าการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนท่องจำความรู้และภายใต้สถานการณ์จริงสามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนสนใจปัญหาที่เกิดขึ้นจริง รวมทั้งช่วยให้ผู้เรียน

ฝึกคิดและแก้ปัญหาตามบริบทของสถานการณ์จริงได้ ขณะเดียวกันก็สร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนมากยิ่งขึ้นด้วย

3.4 การจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างความรู้

จากลักษณะของทฤษฎีการสร้างความรู้ดังกล่าวมาแล้วนั้น นักการศึกษาได้พยายามนำทฤษฎีการสร้างความรู้มาใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน (Simpson. 2001) ดังนี้

- 1) ทบทวนความรู้เดิมของผู้เรียนรวมทั้งช่วยวินิจฉัยและแก้ไขความเข้าใจหรือแนวคิดคลาดเคลื่อนของผู้เรียนก่อนจัดการเรียนรู้
- 2) จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีจุดมุ่งหมายชัดเจน โดยมีครูเป็นสื่อและผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ของผู้เรียน
- 3) สร้างปฏิสัมพันธ์ทางสังคมที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ใช้ประสบการณ์จากสิ่งที่ผู้เรียนเรียนรู้มาแล้ว
- 4) มีการวัดและประเมินผลด้วยวิธีการอันหลากหลายเพื่อให้โอกาสผู้เรียนได้แสดงความรู้ความสามารถของตนเองในหลายๆด้าน เน้นการประเมินตามสภาพจริง และให้ความสำคัญกับการประเมินระหว่างการเรียนรู้เท่ากับการประเมินเมื่อเสร็จสิ้นการเรียนรู้

นอกจากนี้จากคำกล่าวที่ว่า ความรู้เป็นสิ่งที่ครูไม่สามารถถ่ายทอดให้กับผู้เรียนผ่าน การเรียนการสอนแบบบรรยาย หากแต่เป็นสิ่งที่ผู้เรียนต้องสร้างความรู้ขึ้นเองเช่นเดียวกับการปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางสติปัญญาเป็นสิ่งที่ผู้เรียนสามารถทำได้ด้วยตนเอง โดยครูสามารถช่วยให้ผู้เรียนเกิดการปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางสติปัญญาด้วยการจัดการเรียนรู้ที่ท้าทายให้ผู้เรียนใช้สติปัญญาอย่างเต็มที่ นำไปสู่การสร้างวิธีการจัดการเรียนรู้ที่มีลักษณะให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติการสำรวจตรวจสอบตามบทปฏิบัติการ มีการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม กิจกรรมการเรียนรู้ต้องเกี่ยวข้องกับการใช้สติปัญญา รวมทั้งมีการวัดและประเมินผลในระดับสูง (Saunders. 1992)

อย่างไรก็ตามการที่ความรู้หรือประสบการณ์เดิมของผู้เรียนเป็นสิ่งสำคัญในการสร้างความรู้หรือประสบการณ์ใหม่ของผู้เรียน เพราะผู้เรียนเข้ามาสู่ห้องเรียนพร้อมกับประสบการณ์เดิมที่เกิดขึ้นมาจากเหตุการณ์ที่พบเจอหรือจากผู้คนที่รายล้อมในชีวิตของผู้เรียน ผู้เรียนจึงจำเป็นต้องจัดการกับความรู้หรือประสบการณ์เดิมและความรู้หรือประสบการณ์ใหม่ ดังนี้ 1) ลบเลือนความรู้หรือประสบการณ์เดิมให้หมดไป 2) ปรับความรู้หรือประสบการณ์เดิมให้เข้ากับความรู้หรือประสบการณ์ใหม่ 3) ปรับความรู้หรือประสบการณ์ใหม่ให้เข้ากับความรู้หรือประสบการณ์เดิม 4) ปฏิเสธความรู้ใหม่ที่เกิดขึ้น (Sewell. 2002)

3.5 บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างความรู้

บทบาทของครูตามแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางของทฤษฎีการสร้างความรู้ควรมีลักษณะดังนี้ (Brook; & Brook. 1993)

- 1) ยอมรับและสนับสนุนให้ผู้เรียนตัดสินใจด้วยตนเองอย่างเต็มที่

2) ใช้และสนับสนุนให้ผู้เรียนใช้วัสดุอุปกรณ์ที่หลากหลายและเน้นวัสดุอุปกรณ์ที่มีปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียน รวมทั้งใช้แหล่งข้อมูลต่างๆ ที่เป็นแหล่งแรกเริ่ม

3) ทบทวนและตรวจสอบแนวคิดหรือความเข้าใจเดิมของผู้เรียนก่อนที่จะแบ่งปันความรู้หรือประสบการณ์ใหม่ให้กับผู้เรียน

4) สนับสนุนให้ผู้เรียนได้ร่วมแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับครูและเพื่อนร่วมชั้นเรียน

5) สนับสนุนให้ผู้เรียนสืบเสาะจากคำถามที่มีคุณค่าและคำถามปลายเปิดที่เน้นการแสดงความคิดเห็น รวมทั้งสนับสนุนให้ผู้เรียนตั้งคำถามซึ่งกันและกัน ตลอดจนช่วยตรวจสอบการขยายความรู้ของผู้เรียน

6) สนับสนุนให้ผู้เรียนมีความสามารถในการร่วมกันอภิปรายและโต้แย้งเชิงเหตุผล

7) ให้อาจารย์กับผู้เรียนในการสร้างความสัมพันธ์และการอุปมาอุปไมย

8) มีการวัดความเข้าใจของผู้เรียนผ่านการประยุกต์ใช้ความรู้และการปฏิบัติการงานที่หลากหลาย

กล่าวโดยสรุป ครูต้องเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน มีการทบทวน ตรวจสอบและแก้ไขแนวคิดคลาดเคลื่อนของผู้เรียน ขณะเดียวกันครูก็ต้องสามารถจัดการเรียนรู้ที่มีจุดมุ่งหมายชัดเจน จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ท้าทายให้ผู้เรียนใช้สติปัญญาในคิดและการแก้ไขปัญหา ตลอดจนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมโดยการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการสร้างความรู้

จากการศึกษาความหมายและลักษณะการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางทฤษฎีการสร้างความรู้ ตลอดจนบทบาทครูในการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างความรู้ นั้น ผู้วิจัยได้นำมาปรับใช้ในการสร้างรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER โดยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER ต้องมีขั้นตอนที่มีการทบทวนแนวคิดเดิมหรือตรวจสอบแนวคิดเดิมของผู้เรียน เพื่อให้ครูทราบถึงแนวคิดคลาดเคลื่อนของผู้เรียน และสามารถระบุแนวคิดคลาดเคลื่อนดังกล่าวได้ จากนั้นจึงจัดการเรียนรู้เพื่อลดการมีแนวคิดคลาดเคลื่อนของผู้เรียน หรือจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น

นอกจากนี้กระบวนการเรียนรู้ในทุกขั้นตอน (ขั้นที่ 1-5) ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER ยังมีลักษณะสำคัญสอดคล้องกับแนวคิดทฤษฎีการสร้างความรู้ คือ เน้นให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองจากการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมหรือการทำกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกันเป็นกลุ่ม และการใช้ภาษาเป็นเครื่องมือในการสร้างความรู้ เช่น การสร้างคำอธิบาย การตอบคำถาม การแสดงความคิดเห็น หรือการสะท้อนความคิดทั้งการพูดและการเขียน ขณะเดียวกันบทบาทของครูผู้จัดการเรียนรู้โดยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER จะเปลี่ยนแปลงจากการเป็นผู้บรรยายหรือถ่ายทอดความรู้ไปยังผู้เรียน เป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ของผู้เรียน อีกทั้งยังช่วยทบทวนหรือตรวจสอบความรู้เดิมของผู้เรียน ตลอดจนกระตุ้นและส่งเสริมให้ผู้เรียนมีการแก้ไขความรู้เดิมหรือแนวคิดเดิมที่คลาดเคลื่อน ให้เป็นความรู้หรือแนวคิดซึ่งสอดคล้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น

4. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry- based approach)

4.1 ความสำคัญของการสืบเสาะหาความรู้

การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry) เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ถูกนำมาใช้ในการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์มาเป็นช่วงระยะเวลาหนึ่งและไม่ใช้กระบวนการหรือวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เพิ่งเกิดขึ้นใหม่แต่อย่างใด (Schwartz; Lederman; & Crawford. 2004). นอกจากนี้ยังเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ ซึ่งให้ความสำคัญกับการสร้างความรู้ของผู้เรียน (สาขาชีววิทยา สสวท. 2545) ทั้งนี้เพราะการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการสร้างความรู้ความเข้าใจของตนเองอย่างเต็มที่ ซึ่งนอกจากจะทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจลักษณะและที่มาของการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์มากขึ้นแล้ว ยังทำให้ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาต่างๆ ด้วยตนเองมากยิ่งขึ้น (Schwab. 1970) ส่วนครูมีบทบาทเป็นผู้อำนวยการความสะอาดหรือแนะนำแนวทางในการเรียนรู้ของผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนฝึกคิด ตั้งคำถาม และลงมือปฏิบัติการแก้ปัญหาด้วยตนเอง (Crawford. 2000) นอกจากนี้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้เป็นกระบวนการที่ต้องอาศัยทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการคิดเชิงเหตุและผลเพื่อสร้างข้อสรุปหรือคำอธิบาย (Klaiwong. 2011)

4.2 ความหมายของการสืบเสาะหาความรู้

การสืบเสาะหาความรู้อาจมีความหมายแตกต่างกันไปตามบริบทที่นำไปใช้และผู้ที่ให้คำนิยาม อย่างไรก็ตามนักการศึกษาและองค์กรทางการศึกษาหลายหน่วยงานได้อธิบายความหมายของการสืบเสาะหาความรู้ไว้ ดังนี้ การสืบเสาะหาความรู้เป็นกระบวนการที่ผู้เรียนมีการสำรวจตรวจสอบ สืบค้นข้อมูล และค้นคว้าด้วยวิธีการต่างๆ ทำให้เกิดความเข้าใจอย่างมีความหมายแล้วจึงสามารถสร้างความรู้ของตนเอง ซึ่งความรู้เหล่านั้นจะเป็นข้อมูลที่สามารเก็บไว้ใช้ได้ยาวนานไม่ว่าจะประสบกับสถานการณ์ใดๆ ก็สามารถนำความรู้มาใช้ได้ (สาขาชีววิทยา สสวท. 2545) หรือเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ผู้เรียนได้รับการกระตุ้นให้เกิดความสนใจที่จะเรียนรู้ เป็นการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญและมีกิจกรรมให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติประกอบการใช้ทักษะการคิดอย่างหลากหลายซึ่งทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในบทเรียนมากกว่าการท่องจำ (Colburn. 2000; Lawson. 2000)

นอกจากนี้ยังเป็นกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์หรือกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติการสังเกต ตั้งคำถาม เปรียบเทียบ จำแนกประเภท ทดลอง สำรวจตรวจสอบ เก็บรวบรวม วิเคราะห์และตีความข้อมูล เสนอคำอธิบายและทำนายคำตอบ ตลอดจนสื่อสารและนำเสนอคำอธิบายสู่ผู้อื่น ทั้งนี้เพื่อพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จิตวิทยาศาสตร์ และความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยกิจกรรมการเรียนรู้นั้นสะท้อนถึงการทำงานของนักวิทยาศาสตร์และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนใช้ทั้งทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการคิดเชิงเหตุและผล (ชาติรี ฝ่ายคำตา. 2552ก; Chamrat. 2009; Klaiwong. 2011; NRC. 2000; Sandoval. 2005)

จากความหมายของการสืบเสาะหาความรู้สามารถสรุปได้ว่า การสืบเสาะหาความรู้ คือ กระบวนการเรียนรู้ที่มีการกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนด้วยคำถามทางวิทยาศาสตร์และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะการคิดร่วมกับลงมือปฏิบัติการสังเกต การตั้งคำถาม การเปรียบเทียบ การจำแนกประเภท การทดลอง การสำรวจตรวจสอบ การเก็บรวบรวม วิเคราะห์และตีความข้อมูล การสร้างคำอธิบาย ตลอดจนการสื่อสารและนำเสนอคำอธิบายสู่ผู้อื่น ทั้งนี้เพื่อผู้เรียนเกิดทั้งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จิตวิทยาศาสตร์ และความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ควบคู่กันไป

4.3 ลักษณะของการสืบเสาะหาความรู้

ลักษณะของการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสภาวิจัยแห่งชาติสหรัฐอเมริกา (NRC. 2000: 13) ระบุไว้ มีดังต่อไปนี้ 1) การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับการตั้งคำถามและการตอบคำถาม 2) มีการสำรวจตรวจสอบจากคำถามที่สนใจศึกษา และเชื่อมโยงกับการนำเสนอข้อมูลที่มีความหมาย รวมทั้งพัฒนารูปแบบของการอธิบายให้มีความต่อเนื่องและสม่าเสมอ 3) การสำรวจตรวจสอบมีหลากหลายจุดประสงค์และหลากหลายวิธีการ 4) นักวิทยาศาสตร์สร้างคำอธิบายและตรวจสอบคำอธิบายจากการทดสอบหลักฐานและการตั้งข้อสังเกตใหม่ๆ ให้กับการอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้น 5) นักวิทยาศาสตร์สามารถทำงานร่วมกันเป็นทีม 6) การใช้ความคิดสร้างสรรค์สามารถพบได้ทุกขั้นตอนของการทำงานทางวิทยาศาสตร์ และ 7) นักวิทยาศาสตร์มีการสื่อสารและนำเสนอผลงานจากการศึกษาเรียนรู้ต่อสาธารณชน

นอกจากนี้ มีนักการศึกษา (Harwood. 2004) ได้ระบุลักษณะขั้นตอนของการสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ใช้ในการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้ 1) การใช้คำถาม 2) การตั้งปัญหา 3) การสร้างรูปแบบคำถาม 4) สำรวจตรวจสอบทบทวนสิ่งที่รู้แล้ว 5) เชื่อมโยงผลที่คาดหวังเข้าด้วยกัน 6) ทำการศึกษาค้นคว้า 7) ทดสอบผลที่ได้จากการศึกษา 8) สะท้อนสิ่งที่ได้จากการคิดค้นหรือค้นพบ 9) สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้สู่ผู้อื่น และ 10) ใช้ทักษะการสังเกต ซึ่งในการทำงานทางวิทยาศาสตร์นักวิทยาศาสตร์ไม่ได้เรียงตามลำดับขั้นตอนที่ชัดเจนแน่นอน แต่มีการทำงานที่ย้อนกลับไปมาหรือเชื่อมโยงไปยังขั้นตอนอื่นๆ ได้ขึ้นอยู่กับความต้องการของนักวิทยาศาสตร์

4.4 ลักษณะของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-based approach) มีลักษณะสำคัญดังนี้ (NRC. 2000) 1) ผู้เรียนมีความสนใจในคำถามทางวิทยาศาสตร์ หรือมีการกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนด้วยคำถามทางวิทยาศาสตร์ 2) ผู้เรียนให้ความสำคัญกับหลักฐานที่จะนำมาใช้ในการตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ 3) ผู้เรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากหลักฐาน 4) ผู้เรียนเชื่อมโยงคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของตนเองเข้ากับหลักการหรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นที่ยอมรับ 5) ผู้เรียนสื่อสารหรือตัดสินใจคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นด้วยเหตุนี้สามารถสรุปลักษณะของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และบทบาทของผู้เรียนได้ ดังตาราง 5

ตาราง 5 ลักษณะสำคัญและระดับของการสืบเสาะหาความรู้

ลักษณะสำคัญ	บทบาทของผู้เรียนกับระดับของการสืบเสาะหาความรู้			
	1	2	3	4
ผู้เรียนมีความสนใจหรือมีส่วนร่วมในการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์	ผู้เรียนตั้งคำถามด้วยตนเอง	ผู้เรียนศึกษาตัวอย่างคำถามแล้วตั้งคำถามขึ้นมาใหม่	ผู้เรียนเลือกและทำความเข้าใจคำถามที่ครูตั้งขึ้นหรือคำถามจากสื่อการเรียนรู้	ครูกำหนดคำถามให้นักเรียนค้นหาคำตอบ
ผู้เรียนให้ความสำคัญกับหลักฐาน	ผู้เรียนรวบรวมข้อมูลหลักฐานด้วยตนเอง	ผู้เรียนได้รับการแนะนำว่าควรรวบรวมหลักฐานใด	ผู้เรียนได้รับการให้หลักฐานและทำการวิเคราะห์หลักฐาน	ผู้เรียนได้รับหลักฐานและแนวทางในการวิเคราะห์หลักฐาน
ผู้เรียนสร้างคำอธิบายจากหลักฐาน	ผู้เรียนสร้างคำอธิบายต่างๆด้วยตนเองหลังจากสรุปผลจากหลักฐาน	ผู้เรียนได้รับการแนะนำแนวทางในการสร้างคำอธิบายจากหลักฐาน	ผู้เรียนเลือกใช้วิธีการต่างๆเพื่อใช้หลักฐานในการสร้างคำอธิบาย	ผู้เรียนได้รับคำอธิบายพร้อมทั้งหลักฐานที่ใช้ประกอบคำอธิบาย
ผู้เรียนเชื่อมโยงคำอธิบายที่สร้างขึ้นกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์	ผู้เรียนเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับคำอธิบายที่สร้างขึ้นด้วยตนเอง	ผู้เรียนได้รับการแนะนำแนวทางในการเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับคำอธิบายที่ตนเองสร้างขึ้น	ผู้เรียนได้เลือกในการเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับคำอธิบาย	ผู้เรียนไม่มีโอกาสในการเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับคำอธิบาย
ผู้เรียนสื่อสารและตัดสินใจอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้น	ผู้เรียนสื่อสารถึงข้อสรุปของตนเองให้ผู้อื่นทราบโดยมีความเป็นเหตุและผลประกอบ	ผู้เรียนได้รับการแนะนำให้นำเสนอข้อสรุปของตนเองมาสื่อสารกับผู้อื่น	ผู้เรียนได้เลือกกรอบแนวทางในการสื่อสารกับผู้อื่น	ผู้เรียนได้รับการแนะนำกระบวนการและขั้นตอนในการสื่อสารกับผู้อื่น

หมายเหตุ: ปรับปรุงจากสภาการวิจัยแห่งชาติสหรัฐอเมริกา (NRC. 2000: 24 - 25)

สำหรับบทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ คือ การเป็นผู้อำนวยความสะดวกและแนะนำแนวทางในการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน (Crawford. 2000) นอกจากนี้ครูควรต้องสร้างความสนใจในสิ่งที่จะจัดการเรียนรู้ กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดคำถาม ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกับครูและเพื่อนร่วมเรียนรู้ เปิดโอกาสให้ผู้เรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม ให้ความสำคัญกับผู้เรียนในการไตร่ตรองปัญหา สำรวจตรวจสอบ สนับสนุนและส่งเสริมให้ผู้เรียนสร้างคำอธิบายด้วยตนเองโดยหาหลักฐานมาอ้างอิงหรือยืนยันคำอธิบายนั้น ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีการขยายผลและประยุกต์ใช้ความรู้ในบริบทที่หลากหลายหรือแตกต่างไปจากเดิม มีการวัดและประเมินผลผู้เรียนตามสภาพจริงด้วยหลากหลายวิธีการและเครื่องมือเน้นการประเมินเพื่อพัฒนาผู้เรียน (Trowbridge ; & Bybee. 1996)

อย่างไรก็ตามยังมีข้อควรคำนึงถึงสำหรับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (กุศลสิน มุสิกกุล. 2550; ชาตรี ฝ่ายคำตา. 2552ก) ดังนี้ 1) เนื้อหาวิทยาศาสตร์ไม่สามารถจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะได้ทุกเนื้อหาต้องมีการพิจารณาความเหมาะสมของเนื้อหา ก่อนจัดการเรียนรู้ 2) รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนหรือการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ (Inquiry Cycle: 5E) เป็นเพียงรูปแบบหนึ่งในจำนวนหลากหลายรูปแบบของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 3) การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีการตั้งคำถามหรือได้รับการกระตุ้นให้เกิดคำถาม 4) กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติการสำรวจตรวจสอบประกอบกับการใช้ทักษะการคิด 5) เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ต้องให้ความสำคัญทั้งการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จิตวิทยาศาสตร์ รวมทั้งความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนควบคู่กันไป ไม่ใช่เน้นการพัฒนาผู้เรียนเฉพาะด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพียงอย่างเดียว

4.5 ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ พบว่าการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้หรือวิธีการสืบเสาะหาความรู้สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น ทั้งแนวคิดเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์ (ไตรรัตน์ รัตนเดช. 2551; Liangkrilas. 2009) การตอบสนองของพืช (อาทิตยา จิตรเอื้อเฟื้อ. 2551) โครงสร้างของเซลล์ (Wilder; & Shuttleworth. 2005) เซลล์และการแบ่งเซลล์ (จิตติมา ดมหอม. 2553) และระบบต่อมไร้ท่อ (ขวัญฤทัย เทียงจันทราทิพย์. 2553) นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ยังส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสามารถในการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การให้เหตุผลและการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อการโต้แย้ง (Wilson et al. 2008) มีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (ขวัญฤทัย เทียงจันทราทิพย์. 2553) มีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ (จิตติมา ดมหอม. 2553) มีการพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและมีความเชื่อมั่นในตนเองมากยิ่งขึ้น (อาทิตยา จิตรเอื้อเฟื้อ. 2551)

ทั้งนี้เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ส่งเสริมให้นักเรียนได้ร่วมกันการออกแบบการค้นคว้า ลงมือปฏิบัติ ได้ฝึกคิดวิเคราะห์และเชื่อมโยงความรู้กับชีวิตประจำวัน และมีใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน (ไตรรัตน์ รัตนเดช. 2551) หรือเพราะการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้มีการกระตุ้นความสนใจของนักเรียนให้อยากเรียนรู้ มีการขยายความรู้โดยการอภิปรายแลกเปลี่ยนผลการเรียนรู้ร่วมกัน ส่งเสริมให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Wilder and Shuttlesworth. 2005)

จากการศึกษาทั้งความสำคัญ ความหมาย ลักษณะของการสืบเสาะหาความรู้ การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางของการสืบเสาะหาความรู้ ตลอดจนผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้นั้นมีรากฐานมาจากความเชื่อที่ว่า การให้ผู้เรียนได้ผ่านหรือเกิดประสบการณ์การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เช่นเดียวกับกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ของนักวิทยาศาสตร์นั้น จะสามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจที่จะเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตลอดจนมีความเข้าใจว่าวิทยาศาสตร์เป็นศาสตร์ที่ใช้ในการทำ ความเข้าใจปรากฏการณ์ทางธรรมชาติต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น อีกทั้งเป็นศาสตร์ที่ท้าทายสติปัญญาของมนุษย์ เป็นสิ่งควรค่าแก่การเรียนรู้ (Flick; & Lederman. 2006) นอกจากนี้เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ไม่ใช่เฉพาะด้านที่ต้องการให้ผู้เรียนเกิดทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์เท่านั้น แต่มีเป้าหมายเพื่อให้ผู้เรียนเกิดทั้งความรู้หรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จิตวิทยาศาสตร์ และความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (ชาติรี ฝ่ายคำตา. 2552ก; NRC. 2000; Sandoval. 2005) ขณะเดียวกันบทบาทของครูวิทยาศาสตร์ต้อง เปลี่ยนจากผู้ถ่ายทอดความรู้เป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน (Crawford. 2000) ส่วนลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ คือ 1) ผู้เรียนมีความสนใจต่อ คำถามทางวิทยาศาสตร์หรือมีการกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนด้วยคำถามทางวิทยาศาสตร์ 2) ผู้เรียนให้ความสำคัญกับหลักฐานที่จะนำมาใช้ในการสร้างคำอธิบาย 3) ผู้เรียนสร้างคำอธิบายทาง วิทยาศาสตร์จากหลักฐาน 4) ผู้เรียนเชื่อมโยงคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นกับแนวคิดทาง วิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นที่ยอมรับ 5) ผู้เรียนสื่อสารหรือตัดสินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้น (NRC. 2000)

5. การจัดการเรียนรู้แบบบ่งชี้และสะท้อนความคิด (Explicit and reflective approach)

5.1 ความสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบบ่งชี้และสะท้อนความคิด

การจัดการเรียนรู้แบบบ่งชี้และสะท้อนความคิดเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติ ของวิทยาศาสตร์ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างความรู้ และเป็น ที่ยอมรับว่าสามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจหรือมีทัศนคติเกี่ยวกับธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์อย่างถูกต้อง (กาญจนา มหาลี. 2553; สุทธิดา จำรัส; และนฤมล ยุตาคม. 2551; สุธา วลัย มีศรี และคนอื่นๆ. 2550; Bell; Matkins; & Gansneder. 2011; Chamrat. 2009; Khishfe.

2008; Khishfe; & Abd El-Khalick. 2002; Khishfe; & Lederman. 2006; Liangkriilas. 2009; Limpanont. 2011; Schwartz; Lederman; & Crawford. 2004) ขณะเดียวกันก็เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่สามารถนำมาใช้ในการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนหรือนำมาใช้ในการปรับเปลี่ยนแนวคิดของผู้เรียนให้เป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้ (Liangkriilas. 2009; Limpanont. 2011)

5.2 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบบ่งชี้และสะท้อนความคิด

การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบบ่งชี้และสะท้อนความคิด หมายถึงการจัดการเรียนรู้ที่บ่งชี้ถึงลักษณะของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ โดยมีการกำหนดเป้าหมายของการเรียนรู้ของผู้เรียน คือ การมีความเข้าใจถูกต้องเกี่ยวกับลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่จัดการเรียนรู้ ทั้งนี้กิจกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้ทักษะการคิดร่วมกับกระบวนการสืบเสาะหาความรู้อย่างหลากหลายทั้งการสังเกต สำรวจ เปรียบเทียบ จัดจำแนก ทดลอง รวบรวมข้อมูล จัดกระทำและตีความหมายข้อมูล อภิปราย แสดงความคิดเห็น ตลอดจนมีสะท้อนความคิดความเข้าใจของตนเองที่มีต่อลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ได้เรียนรู้ออกมาให้ผู้อื่นรับรู้และเข้าใจได้ (Chamrat. 2009; Khishfe. 2008; Khishfe; & Abd El-Khalick. 2002; Khishfe; & Lederman. 2006; Liangkriilas. 2009; Limpanont. 2011; Schwartz; Lederman; & Crawford. 2004; Shcarman et al. 2005)

5.3 ลักษณะของการจัดการเรียนรู้แบบบ่งชี้และสะท้อนความคิด

การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบบ่งชี้และสะท้อนความคิดสามารถทำได้ใน 2 แบบ คือ 1) การจัดการเรียนรู้ซึ่งมีกิจกรรมการเรียนรู้หรือประสบการณ์ที่จัดให้กับผู้เรียนเกี่ยวข้องกับลักษณะของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะหรือมีการหยิบยกลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มาให้ผู้เรียนได้เรียนรู้อย่างชัดเจน ไม่มีการบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับเนื้อหาบทเรียนวิทยาศาสตร์อื่นๆ ตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้ที่สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความเข้าใจหรือมีทัศนคติเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างถูกต้อง เช่น กล้องปริศนา รอยอะไรเอ๋ย ภาพอะไรอยู่ในช่อง การค้นพบฟอสซิลที่ยิ่งใหญ่ เป็นต้น ซึ่งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เหล่านี้จะเน้นให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะการคิดประกอบกับกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทั้งการสังเกต สำรวจ เปรียบเทียบ จัดจำแนก หรือวิธีการต่างๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่จะนำมาสู่การตอบคำถาม อภิปราย แสดงความคิดเห็น และการเขียนอนุทิน ซึ่งเป็นการสะท้อนความคิดของผู้เรียนต่อลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่เรียนรู้ (ลิ้อชา ลดาชาติ; และลฎาภา สุทธิกุล. 2555; Khishfe; & Lederman. 2006; Kruse. 2008) 2) การจัดการเรียนรู้โดยบูรณาการเนื้อหาบทเรียนกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เข้าด้วยกัน ตัวอย่างเนื้อหาบทเรียนที่มีการบูรณาการกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในงานวิจัยที่ผ่านมา เช่น การหายใจระดับเซลล์ โครงสร้างของอะตอม สารและสมบัติของสาร พันธุศาสตร์ เป็นต้น โดยในกิจกรรมการเรียนรู้มีการหยิบยกลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในเนื้อหาบทเรียนมาให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ร่วมกัน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สะท้อนความคิดของตนเองเกี่ยวกับ

ลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จากการลงมือปฏิบัติกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ โดยการตอบคำถาม การแสดงความคิดเห็น และการเขียนบันทึก (กาญจนา มหาลี. 2553; สุทธิดา จำรัส; และนฤมล ยุตาคม. 2551; สุธาวลัย มีศรี และคนอื่นๆ. 2550; Bell; Matkins; & Gansneder. 2011; Chamrat. 2009; Khishfe. 2008; Khishfe; & Abd El-Khalick. 2002; Khishfe; & Lederman. 2006; Liangkriks. 2009; Limpanont. 2011; Schwartz; Lederman; & Crawford. 2004; Shcarman et al. 2005)

จากการพิจารณาลักษณะการจัดการเรียนรู้ทั้ง 2 แนวทาง สามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบบ่งชี้และสะท้อนความคิด มีลักษณะสำคัญ คือ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่บ่งชี้หรือหยิบยกลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มาให้ผู้เรียนได้เรียนรู้อย่างชัดเจน รวมทั้งเปิดโอกาสให้ผู้เรียนสะท้อนความคิดต่อลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่เรียนรู้ผ่านการตอบคำถาม และการแสดงความคิดเห็น

5.4 ผลของการจัดการเรียนรู้แบบบ่งชี้และสะท้อนความคิด

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบบ่งชี้และสะท้อนความคิด พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบบ่งชี้และสะท้อนความคิดสามารถพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้สอดคล้องกับมิติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ได้ โดยเฉพาะด้าน “ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ส่วนหนึ่งเป็นผลการอนุมานของนักวิทยาศาสตร์” (ลีซา ลดาชาติ และ ลฎาภา สุทรกุล. 2555) นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการบ่งชี้และสะท้อนความคิด ยังสามารถพัฒนาให้นักเรียนมีมุมมองหรือความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สอดคล้องกับมิติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ในทุกลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ศึกษา โดยการพัฒนามุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นไปอย่างต่อเนื่อง เพราะมีการวัดและประเมินผลมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ทั้งก่อนเรียนรู้ ระหว่างเรียนรู้ และหลังเรียนรู้ (Khishfe. 2008) ส่วนในการศึกษาเปรียบเทียบการพัฒนามุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับบ่งชี้และสะท้อนความคิดกับแบบสืบเสาะหาความรู้ซึ่งไม่มีการบ่งชี้และสะท้อนความคิด พบว่า หลังการจัดการเรียนรู้นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับบ่งชี้และสะท้อนความคิดมีการพัฒนามุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มากกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ซึ่งไม่มีการบ่งชี้และสะท้อนความคิด (Khishfe ; & Abd-El-Khalick. 2002)

ขณะเดียวกันการศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการบ่งชี้และสะท้อนความคิด 2 แบบ คือ แบบแรกมีบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เข้ากับเนื้อหาบทเรียนเรื่องโลกร้อน และแบบที่สองเป็นจัดกิจกรรมการเรียนรู้เกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะไม่มีการบูรณาการกับเนื้อหาบทเรียนวิทยาศาสตร์ใด พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ทั้งสองแบบมีการพัฒนามุมมองหรือความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้สอดคล้องกับมิติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ทุกลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่

ศึกษา (Khishfe; & Lederman. 2006) สำหรับการศึกษาการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การหายใจระดับเซลล์ เพื่อส่งเสริมการมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยการจัดการเรียนรู้แบบบ่งชี้และสะท้อนความคิดร่วมกับการสืบเสาะหาความรู้ พบว่า หลังการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนเรื่องการหายใจระดับเซลล์ และมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบผสมผสานในทุกลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ศึกษา (Liangkrilas. 2009) อย่างไรก็ตามในการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการอภิปรายและสะท้อนความคิดที่มีต่อมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการอภิปรายและสะท้อนความคิดมีการพัฒนามุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สอดคล้องกับมติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (Yacoubian; & BouJaoude. 2010) ทั้งนี้ผู้วิจัยขอสรุปการวิเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบบ่งชี้และสะท้อนความคิด ดังตาราง 6

ตาราง 6 การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบบ่งชี้และสะท้อนความคิด

ผู้วิจัย	การจัดการเรียนรู้	แบบแผนการวิจัย	ระยะเวลา	ผลการวิจัย
ลือชา ลดาชาติ และ ลฎาภา สุทธกุล (2555)	ER	CS	5 สัปดาห์	+
Khishfe. 2008	Inq, ER	PPT	3 เดือน	+
Khishfe ; & Abd-El-Khalick. 2002	Inq VS ER-Inq	PPT	10 สัปดาห์	Inq 0 ER-Inq +
Khishfe; & Lederman. 2006	ER with IC and ER with FC	PPT	6 สัปดาห์	+
Khishfe; & Lederman. 2007	ER, Inq	PPT	6 สัปดาห์	+
Liangkrilas. 2009	ER, Inq	PPT	24 ชั่วโมง	+
Yacoubian; & BouJaoude. 2010	Inq VS ER-Inq	PPT,CG	10 สัปดาห์	Inq 0 ER-Inq +

หมายเหตุ : Inq: การสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry); ER: การบ่งชี้และสะท้อนความคิด (Explicit-Reflective); FC: กิจกรรมเฉพาะ (Free Content); IC: บูรณาการกับเนื้อหาบทเรียน (Integrate Content) ; PPT: วัดก่อน – หลังเรียนรู้ (Pretest-Posttest) ; CG: มีกลุ่มควบคุม (Control group); CS: กรณีศึกษา; 0: กลุ่มตัวอย่างไม่การพัฒนาความเข้าใจ NOS ในทุกลักษณะที่ศึกษา; +: กลุ่มตัวอย่างมีการพัฒนาความเข้าใจ NOS ในทุกลักษณะที่ศึกษา

จากตาราง 6 สามารถสรุปได้ว่า งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบบ่งชี้และสะท้อนความคิด ซึ่งจัดว่าเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่สามารถส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้มากที่สุดนั้นเป็นการจัดการเรียนรู้แบบการบ่งชี้และสะท้อนความคิดต่อลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จากกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยการบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เข้ากับเนื้อหาบทเรียน สามารถพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้ไม่แตกต่างกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะ นอกจากนี้การบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เข้ากับเนื้อหาบทเรียนเป็นการช่วยแบ่งเบาภาระงานการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของครูวิทยาศาสตร์ได้ (Khishfe 2008; Khishfe; & Lederman. 2006; Liangkrilas. 2009) อย่างไรก็ตามหากจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ แต่ไม่มีการบ่งชี้และสะท้อนความคิดต่อลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่เรียนรู้ ย่อมไม่สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้มากยิ่งขึ้น

จากการศึกษาทั้งความสำคัญ ความหมาย ลักษณะของการจัดการเรียนรู้แบบบ่งชี้และสะท้อนความคิด และผลของการจัดการเรียนรู้แบบบ่งชี้และสะท้อนความคิด ผู้วิจัยสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบบ่งชี้และสะท้อนความคิดเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่สามารถส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้ และการจัดการเรียนรู้แบบบ่งชี้และสะท้อนความคิดจะเกิดขึ้นได้ต้องอาศัยพื้นฐานของกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ ทั้งนี้เพราะการบ่งชี้และสะท้อนความคิดต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ คือ การบ่งชี้และสะท้อนความคิดต่อลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จากกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้หรือจากเนื้อหาบทเรียน แม้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบบ่งชี้และสะท้อนความคิดจะสามารถทำได้ทั้งแบบจัดกิจกรรมเฉพาะและแบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เข้ากับเนื้อหาบทเรียน แต่ทั้งสองวิธีการก็มีลักษณะสำคัญร่วมกัน คือ ผู้เรียนได้รับการบ่งชี้ให้เรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และสะท้อนความคิดต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่เรียนรู้ ทั้งนี้การบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ต้องปรากฏทั้งส่วนของจุดประสงค์การเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ และการวัดประเมินผลการเรียนรู้ (Bell; Matkins; & Gansneder. 2011; Chamrat. 2009; Khishfe; & Lederman. 2006; Khishfe. 2008; Liangkrilas. 2009; Limpanont. 2011) การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยนำลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบบ่งชี้และสะท้อนความคิดมาใช้ในการสร้างและพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER

6. การจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์ (Historical approach)

6.1 ความสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์

การจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์ เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ซึ่งเป็นที่ยอมรับว่าสามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจหรือมีมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างถูกต้อง (Chamrat. 2009; Dass. 2005; Liangkrilas. 2009; Limpanont. 2011; Yip. 2006) ทั้งนี้

เพราะเป็นการจัดการเรียนรู้ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนสนใจและเข้าใจความเป็นมาของลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และกิจการทางวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น (สิรินภา กิจเกื้อกูล. 2555) ซึ่งเมื่อผู้เรียนมีความเข้าใจในประเด็นเหล่านี้จะทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างถูกต้อง (Dass. 2005) นอกจากนี้การส่งเสริมให้นักเรียนศึกษาและทำความเข้าใจประวัติทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการสร้างหรือคิดค้นความรู้ทางวิทยาศาสตร์จะช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ควบคู่ไปกับการมีความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น (Chamrat. 2009; Liangkriilas. 2009; Limpanont. 2011; McComas; Clough; & Almazroa. 2000)

6.2 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์

การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยให้ผู้เรียนศึกษาประวัติทางวิทยาศาสตร์ในเนื้อหาบทเรียนวิทยาศาสตร์เรื่องต่างๆ รวมทั้งเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้อภิปราย ชักถาม แสดงความคิดเห็น ตลอดจนได้ลงมือปฏิบัติการสังเกต สำรวจ ทดลอง หรือสืบเสาะหาความรู้ตามแบบอย่างหรือแนวทางของนักวิทยาศาสตร์ในประวัติทางวิทยาศาสตร์เรื่องนั้นๆ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจว่า นักวิทยาศาสตร์มีกระบวนการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างไร สังคม เทคโนโลยี วัฒนธรรม หรือปัจจัยทางสังคมอื่นๆ มีผลต่อการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์หรือการทำงานของนักวิทยาศาสตร์อย่างไร ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความเป็นพลวัตอย่างไร (สิรินภา กิจเกื้อกูล. 2555; Abd-El-Khalick ; & Lederman. 2000; Chamrat. 2009; Dass. 2005; Liangkriilas. 2009; Limpanont. 2011; Yip. 2006)

6.3 ลักษณะของการจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์

การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์ซึ่งสามารถส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้นั้น ต้องเป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีการใช้ประวัติการศึกษาหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีความน่าสนใจ ทำทนายให้ผู้เรียนได้เกิดความรู้สึกกระตือรือร้นในการเรียนรู้ มีความชัดเจนเกี่ยวกับลักษณะของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ต้องการจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน (Abd-El-Khalick; & Lederman. 2000; Chamrat. 2009; Dass. 2005; Liangkriilas. 2009; Limpanont. 2011; Yip. 2006) สำหรับการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์ อาจทำได้หลากหลายลักษณะ คือ การใช้เรื่องราวประวัติทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจที่จะเรียนรู้หรือพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของตนเองมากยิ่งขึ้น (สิรินภา กิจเกื้อกูล. 2555; Limpanont. 2011) การให้ผู้เรียนได้ใช้การสังเกต สำรวจ ทดลอง หรือใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ต่างๆ ตามแนวทางการสร้างหรือคิดค้นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักวิทยาศาสตร์ในประวัติทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจแนวทางการสร้างหรือการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ (สิรินภา กิจเกื้อกูล. 2555; Chamrat. 2009; Liangkriilas. 2009; Limpanont. 2011) การนำเรื่องราวประวัติทางวิทยาศาสตร์มาให้ผู้เรียนได้ศึกษา

เพื่อนำผู้เรียนเข้าสู่การอภิปราย แสดงความคิดเห็น หรือสะท้อนความคิดความเข้าใจของตนเองต่อ ลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ปรากฏในประวัติทางวิทยาศาสตร์นั้น (สิรินภา กิจเกื้อกูล อ้างอิงจาก Allchin et al. 1999; Dass. 2005; Limpanont. 2011; Yip. 2006) การนำประวัติทาง วิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นกรณีศึกษาความผิดพลาดในการทำงานของนักวิทยาศาสตร์และการแก้ไข ปรับปรุงความผิดพลาดให้กลายเป็นองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับกันในปัจจุบันมา ให้ ผู้เรียนได้เรียนรู้ เพื่อช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจถึงพื้นฐานและข้อจำกัดทางวิทยาศาสตร์ (สิรินภา กิจ เกื้อกูล. 2556)

จากการพิจารณาลักษณะการจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์ สามารถ สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์ สามารถทำได้ 2 แนวทาง คือ 1) ใช้ ประวัติทางวิทยาศาสตร์มากระตุ้นความสนใจของผู้เรียน และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สะท้อน ความคิดต่อลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จากประวัติทางวิทยาศาสตร์นั้น (สิรินภา กิจเกื้อกูล. 2555; Limpanont. 2011) 2) ให้ผู้เรียนได้สืบเสาะหาความรู้จากประวัติทางวิทยาศาสตร์ หรือ ทำการศึกษา ค้นคว้าทดลองตามนักวิทยาศาสตร์ และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สะท้อนความคิดต่อ ลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จากกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และจากประวัติทาง วิทยาศาสตร์นั้น (สิรินภา กิจเกื้อกูล. 2555; Chamrat. 2009; Dass. 2005; Liangkriilas. 2009; Limpanont. 2011)

6.4 ผลของการจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์

งานวิจัยซึ่งเกี่ยวข้องกับการศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์ มีนักวิทยาศาสตร์ศึกษาให้ความสนใจศึกษามาในช่วงระยะเวลาไม่ น้อยกว่า 10 ปี (Abd-El-Khalick ; & Lederman. 2000; Chamrat. 2009; Dass. 2005; Iwin. 2000; Liangkriilas. 2009; Limpanont. 2011; Yip. 2006) ตัวอย่างเช่นการศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ โดยใช้หลักสูตรประวัติทางวิทยาศาสตร์ (History of Science Course) ต่อความเข้าใจธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์ของนักศึกษาระดับอุดมศึกษาและครูก่อนประจำการ ผลการศึกษาพบว่า หลังการเข้า ร่วมกิจกรรมการเรียนรู้หลักสูตรประวัติทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ยังคงไม่สามารถ พัฒนาตนเองให้มีมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างสอดคล้องกับมิติประชาคมทาง วิทยาศาสตร์ ทั้งนี้คณะผู้วิจัยได้เสนอแนะว่า หากต้องการส่งเสริมให้ผู้เรียนมีมุมมองธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้นต้องจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์ ควบคู่กับการอภิปรายและสะท้อนความคิด (Abd-El-Khalick ; & Lederman. 2000) นอกจากนี้ใน การศึกษาการพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับกิจการทางวิทยาศาสตร์โดยใช้โปรแกรมจัดการเรียนรู้ ประวัติทางวิทยาศาสตร์ของครูวิทยาศาสตร์ ผลการศึกษาพบว่า ครูวิทยาศาสตร์สามารถพัฒนา ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้มากยิ่งขึ้นเฉพาะประเด็นกิจการทางวิทยาศาสตร์มีความ สลับซับซ้อน และการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความเกี่ยวข้องกับบริบททางสังคม นโยบาย ทางการเมือง ศาสนา และวัฒนธรรม (Dass. 2005) ส่วนศึกษาการใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์ในการ

ส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของครูวิทยาศาสตร์ ผลการศึกษาพบว่า หลังการจัดการเรียนรู้กลุ่มตัวอย่างสามารถพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้มากขึ้นในบางลักษณะ เช่น ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน แต่มีบางลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่กลุ่มตัวอย่างยังคงมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน เช่น วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมมีความสัมพันธ์กัน (Yip. 2006)

ขณะเดียวกันศึกษาเปรียบเทียบความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นโดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์เรื่องโครงสร้างอะตอม ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนมีระดับการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เฉพาะลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับการใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการในการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักวิทยาศาสตร์ (Irwin. 2000) ส่วนในการศึกษาการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาระดับอุดมศึกษาโดยจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการอภิปรายเนื้อหาบทเรียน ผลการศึกษาพบว่า ภายหลังจากเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้กลุ่มตัวอย่างมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นในทุกลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ศึกษา (Kalman. 2010 citing Deng et al. 2011) สำหรับการพัฒนาหลักสูตรบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และการตัดสินใจในประเด็นปัญหาเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการบ่งชี้และสะท้อนความคิด ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนมีความเข้าใจลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในทุกประเด็นที่ศึกษาและมีความสามารถในการตัดสินใจในประเด็นปัญหาทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น แต่ถึงแม้ว่านักเรียนจะเข้าใจกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ แต่ยังไม่สามารถสะท้อนความเข้าใจเกี่ยวกับการสังเกตและการตีความหมายซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างเพียงพอ ขณะเดียวกันแม้ว่ากลุ่มตัวอย่างจะมีความสามารถในการตัดสินใจในประเด็นปัญหาทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น แต่ยังคำนึงถึงบทบาทของมิติทางสังคมและวัฒนธรรมที่มีต่อการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพียงเล็กน้อยเท่านั้น (Limpanont. 2011) จากการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยขอสรุปเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์ ดังตาราง 7

ตาราง 7 การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัย	วิธีการจัดการ เรียนรู้	แบบแผนการ วิจัย	ระยะเวลา	ผลการวิจัย
Abd-El-Khalick : & Lederman. 2000	HOS	PPT	10 สัปดาห์	0
Dass. 2005	Inq, HOS, D	PPT	1 ภาคเรียน	+
Irwin. 2000	Inq, HOS	PT,CG	8 คาบเรียน	0
Kalman. 2010 citing Deng et al. 2011	HOS, D	PPT	1 ภาคเรียน	+
Limpanont. 2011	HOS, ER	PPT,CG	24 คาบเรียน	+
Yip. 2006	HOS	PPT	6 ชั่วโมง	0

หมายเหตุ : HOS : การใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์ (History of science) ; Inq: การสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry) ;D: การอภิปราย (Discussion) ; ER: การบ่งชี้และสะท้อนความคิด (Explicit-reflective) ; PT: วัดหลังเรียนรู้เท่านั้น (Post-test only) ; PPT: วัดก่อน – หลังเรียนรู้ (Pretest-posttest) ; CG: มีกลุ่มควบคุม (Control group); 0: กลุ่มตัวอย่างไม่การพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในทุกลักษณะที่ศึกษาหรือมีการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในบางลักษณะเท่านั้น; +: กลุ่มตัวอย่างมีการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพิ่มมากขึ้นในหลายลักษณะที่ศึกษา

จากตาราง 7 สามารถสรุปว่า การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์เพียงอย่างเดียวอาจยังไม่สามารถส่งเสริมความเข้าใจหรือทัศนคติเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้ (Abd-El-Khalick ; & Lederman. 2000) หรือการจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์เพียงอย่างเดียวสามารถส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนในบางลักษณะเท่านั้น (Irwin. 2000; Yip. 2006) แต่การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์ซึ่งสามารถส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างถูกต้องในหลายลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์นั้น ต้องเป็นการจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการบ่งชี้และสะท้อนความคิด (Limpanont. 2011) การจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการสืบเสาะหาความรู้และการอภิปราย (Dass. 2005) หรือการจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการอภิปราย (Kalman. 2010 citing Deng et al. 2011) ทั้งนี้เพราะการจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์เพียงลำพังทั้งที่ใช้ระยะเวลามากหรือน้อย ไม่สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

อย่างถูกต้องในหลากหลายลักษณะ แต่หากนำการจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์ มาร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยวิธีการอื่น ทั้งการสืบเสาะหาความรู้ การบ่งชี้และสะท้อนความคิด การอภิปราย จะช่วยให้ผู้เรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในหลากหลายลักษณะมากยิ่งขึ้น

จากการศึกษาทั้งความสำคัญ ความหมาย ลักษณะของการจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนผลของการจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยสรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์เป็นอีกหนึ่งวิธีการจัดการเรียนรู้ที่สามารถส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้ หากมีการจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการบ่งชี้และสะท้อนความคิดและการสืบเสาะหาความรู้ ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะสามารถส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้นั้น จึงสามารถทำได้ 2 ลักษณะ คือ 1) ผู้เรียนเกิดความสนใจหรือได้รับการสร้างความสนใจต่อประวัติทางวิทยาศาสตร์ สามารถร่วมอภิปรายและสะท้อนความคิดต่อลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จากประวัติทางวิทยาศาสตร์นั้น (สิรินภา กิจเกื้อกูล. 2555; Limpanont. 2011) 2) ผู้เรียนสืบเสาะหาความรู้จากประวัติทางวิทยาศาสตร์หรือทำการศึกษาค้นคว้าทดลองตามนักวิทยาศาสตร์ สามารถร่วมอภิปรายและสะท้อนความคิดต่อลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จากประวัติทางวิทยาศาสตร์นั้น (สิรินภา กิจเกื้อกูล. 2555; Chamrat. 2009; Dass. 2005; Liangkriks. 2009; Limpanont. 2011) การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยนำลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์ดังกล่าวมาใช้ในการสร้างและพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER

7. การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ (Model Developing)

7.1 ความหมายของรูปแบบการเรียนรู้

รูปแบบการเรียนรู้ (Model of learning) มีความหมายเช่นเดียวกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ (Model of teaching) (Joyce; Weil; & Showers. 1992: 1) ทั้งคำว่า “รูปแบบการเรียนรู้” และ “รูปแบบการจัดการเรียนรู้” ได้รับความนิยมนำมาใช้ในหมู่นักการศึกษาไทย เพราะเป็นคำที่มีความหมายสอดคล้องกับแนวทางพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2545 (ประพนธ์ศิริ สุเสาร์จ. 2551) ทั้งนี้คำว่า “รูปแบบการเรียนรู้” สะท้อนถึงการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

รูปแบบการเรียนรู้ หมายถึง ลักษณะของการจัดการเรียนรู้ ที่จัดขึ้นตามปรัชญา ทฤษฎี หลักการ และแนวคิดซึ่งเกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ มีการจัดกระบวนการและขั้นตอนในการจัดเรียนรู้ รวมทั้งอาศัยวิธีการและเทคนิคการจัดการเรียนรู้ต่างๆ เข้ามาช่วยทำให้ลักษณะการจัดการเรียนรู้นั้นเป็นไปตามปรัชญา ทฤษฎี หลักการ และแนวคิดต่างๆ ที่ยึดถือ นอกจากนี้ยังต้องมีการพิสูจน์ทดสอบจนเป็นที่ยอมรับว่ามีประสิทธิภาพและประสิทธิผล จนสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้

ให้กับผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์การเรียนรู้ทั้งด้านข้อมูลความรู้ แนวทางการคิด ทักษะกระบวนการ ค่านิยม หรือวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ (ทศนา แคมมณี. 2551; ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ. 2551; พัทรี ศรีสังข์. 2551; Joyce; Weil; & Showers. 1992)

จากความหมายดังกล่าวสรุปว่า รูปแบบการเรียนรู้ คือ ลักษณะการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นตามแนวทางหรือหลักการของปรัชญา ทฤษฎี หรือวิธีการจัดการเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วยกระบวนการหรือขั้นตอน ตลอดจนเทคนิควิธีการต่างๆ เพื่อเป็นลำดับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนบรรลุเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์จากการเรียนรู้ได้ โดยในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยสร้างแลพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ที่อยู่บนพื้นฐานของแนวคิดทฤษฎีการสร้างความรู้ การจัดการเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ การจัดการเรียนรู้แบบบ่งชี้และสะท้อนความคิด รวมทั้งการจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์

7.2 องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนรู้

รูปแบบการเรียนรู้ต้องมีองค์ประกอบสำคัญ ดังที่นักการศึกษาทั้งในประเทศไทย และต่างประเทศได้เสนอแนะไว้ ดังนี้ 1) มีปรัชญา ทฤษฎี หลักการ แนวคิด หรือความเชื่อที่เป็นพื้นฐานหรือเป็นหลักของรูปแบบการเรียนรู้นั้น 2) มีการบรรยายและอธิบายสภาพหรือลักษณะของการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับหลักการที่ยึดถือ 3) มีการจัดองค์ประกอบและความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของระบบให้สามารถนำผู้เรียนไปสู่เป้าหมายของระบบหรือกระบวนการนั้นๆ 4) มีการอธิบายหรือให้ข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนรู้และเทคนิคการจัดการเรียนรู้ต่างๆ อันจะช่วยให้กระบวนการเรียนรู้นั้นเกิดประสิทธิภาพสูงสุด (ทศนา แคมมณี. 2551: 222; Bybee et al. 2006; Wenning. 2011: 9 - 16) นอกจากนี้รูปแบบการเรียนรู้จะต้องได้รับการพิสูจน์ ทดสอบ สามารถทำนายผลได้ รวมทั้งมีศักยภาพในการสร้างแนวคิดและความสัมพันธ์ใหม่ๆ และจำเป็นต้องมีองค์ประกอบสำคัญ (ทศนา แคมมณี. 2551: 222) และอาจมีการสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ของผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนไม่มีเกิดเบื่อหน่ายในการเรียนรู้ (บุญเลี้ยง ทุมทอง. 2556: 104 อ้างอิงจาก Joyce;& Weil. 2000)

จากการศึกษาและวิเคราะห์องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนรู้ของนักการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า รูปแบบการเรียนรู้ควรมีองค์ประกอบหลัก 4 ประการ ได้แก่ 1) มีแนวคิดทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานและรองรับหลักการของรูปแบบการเรียนรู้ 2) มีวัตถุประสงค์ของรูปแบบการเรียนรู้ 3) มีกระบวนการหรือขั้นตอนของการเรียนรู้ 4) มีการประเมินผลรูปแบบการเรียนรู้

7.3 กระบวนการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้

การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ต้องมีการออกแบบตามจุดมุ่งหมายหรือวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้ การนำรูปแบบการเรียนรู้ไปใช้ตามจุดมุ่งหมายจะบรรลุผลดีที่สุด แต่รูปแบบการเรียนรู้ก็สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับจุดมุ่งหมายอื่นๆ ได้ขึ้นอยู่กับพิจารณาความเหมาะสมและความต้องการของผู้นำไปใช้ อย่างไรก็ตามก่อนนำรูปแบบการเรียนรู้ไปใช้ควรมีการวิจัยเพื่อพิสูจน์ทฤษฎี

และตรวจสอบประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนรู้นั้น (ฉวีวรรณ สีสม. 2555 อ้างอิงจาก Gemmell. 2001; วารินทร์ รัตมีพรหม. 2542) ดังขั้นตอนต่อไปนี้

1) การวิเคราะห์ (Analysis) เป็นการวิเคราะห์ทั้งสภาพปัญหา ผู้เรียน กิจกรรมการเรียนการสอน แหล่งเรียนรู้ รวมทั้งประเมินความต้องการ นำผลการวิเคราะห์และประเมินมากำหนดจุดมุ่งหมายของรูปแบบการเรียนรู้

2) การออกแบบ (Design) เป็นการกำหนดจุดมุ่งหมายหรือวัตถุประสงค์ กำหนดเนื้อหาสาระ กิจกรรมการเรียนรู้ เลือกและออกแบบสื่อที่จะนำมาใช้

3) การพัฒนา (Developing) เป็นการให้รายละเอียดทั้งในส่วนของเนื้อหาสาระ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อวัสดุอุปกรณ์ในการจัดการเรียนรู้ การวัดและประเมินผลจากการจัดการเรียนรู้ ซึ่งอาจจะเขียนในลักษณะกระบวนการต่าง ๆ

4) การนำไปทดลองใช้ (Implementation) เป็นการนำรูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในบริบทหรือสภาพจริง

5) การประเมินผล (Evaluation) เป็นการประเมินผลจากการนำรูปแบบการเรียนการสอนไปทดลอง นำข้อมูลมาพิจารณา ปรับปรุง แก้ไขข้อผิดพลาดของรูปแบบให้ดีขึ้น

จากการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้สามารถสรุปได้ว่า รูปแบบการเรียนรู้ที่สร้างและพัฒนาขึ้นต้องมี 1) การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานเพื่อกำหนดจุดมุ่งหมายหรือเป้าหมายของรูปแบบการเรียนรู้ 2) การออกแบบรูปแบบการเรียนรู้ 3) การพัฒนากระบวนการเรียนรู้ในรูปแบบการเรียนรู้ 4) การนำรูปแบบการเรียนรู้ไปทดลองใช้ 5) การประเมินผลจากการทดลองใช้รูปแบบการเรียนรู้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยและพัฒนาครั้งนี้ มุ่งพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER เพื่อส่งเสริมแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับเซลล์และการแบ่งเซลล์และความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

- ขั้นตอนที่ 1: การศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน
- ขั้นตอนที่ 2: การสร้างและพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER
- ขั้นตอนที่ 3: การสร้างและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล
- ขั้นตอนที่ 4: การนำรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER ไปทดลองใช้จริง
- ขั้นตอนที่ 5: การวิเคราะห์ข้อมูล

ขั้นตอนที่ 1: การศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน

ขั้นตอนนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามพระราชบัญญัติการจัดการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 ฉบับปรับปรุงและแก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2545 ศึกษาวิเคราะห์เกี่ยวกับเป้าหมายหลักของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ศึกษามาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 สารการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งเกี่ยวข้องกับหน่วยการเรียนรู้เรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดทฤษฎีการสร้างความรู้ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ การจัดการเรียนรู้แบบบ่งชี้และสะท้อนความคิด และการจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์ ผลการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานดังกล่าวมาได้ข้อสรุป ดังนี้

แนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามพระราชบัญญัติการจัดการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 ฉบับปรับปรุงและแก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2545 ยึดหลักสำคัญว่า นักเรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ การจัดการเรียนรู้ต้องให้ความสำคัญกับนักเรียนมากที่สุด ตลอดจนต้องส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาตนเองตามธรรมชาติและเต็มศักยภาพ นอกจากนี้ สถานศึกษาและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการจัดการศึกษาต้องสนับสนุนและส่งเสริมให้ครูผู้สอนจัดเนื้อหาสาระกิจกรรมการเรียนรู้ บรรยากาศ สื่อการเรียนรู้ และอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ของนักเรียนให้สอดคล้องกับความถนัดและความสนใจของนักเรียนและเพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ เกิดทักษะกระบวนการคิด ความสามารถในการแก้ปัญหาและการประยุกต์ใช้ความรู้ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2556: 2)

เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้เป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ ทั้งนี้ คุณลักษณะสำคัญซึ่งสะท้อนการรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียน คือ การมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ มีทักษะกระบวนการ มีจิตวิทยาศาสตร์ และมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ สามารถนำ

แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการ และจิตวิทยาศาสตร์มาใช้ประโยชน์ในการดำรงชีวิต พัฒนาคุณภาพชีวิตและสื่อสารสู่ผู้อื่น รวมทั้งดูแลรักษาพัฒนาทรัพยากรธรรมชาติสิ่งแวดล้อมอย่าง สมดุลยั่งยืน (สสวท. 2546; AAAS. 1993; Lederman. 1992; NRC. 2000)

มาตรฐานการเรียนรู้หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 สารการ เรียนรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งเกี่ยวข้องกับหน่วยการเรียนรู้เรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ คือ สารที่ 1: สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ ของโครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน มีกระบวนการสืบ เสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในการดำรงชีวิตของตนเองและดูแล สิ่งมีชีวิต และสาระที่ 8: ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทาง ธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและ เครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่าธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคมและ สิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. 2551: 14 -15)

จากศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีการสร้าง ความรู้ซึ่งเชื่อว่า ความรู้ไม่สามารถถ่ายทอดจากบุคคลหนึ่งไปยังอีกบุคคลหนึ่งได้ แต่การสร้าง ความรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในตัวบุคคล ภายใต้การควบคุมของตนเองในการต่อสู้กับความ ขัดแย้งระหว่างความรู้เดิมที่มีอยู่กับการรับรู้ใหม่ที่เกิดจากการเรียนรู้ โดยมีภาษาและกิจกรรม ทางสังคมเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ (Brooks; & Brooks. 1993) และความรู้ไม่ใช่สิ่งที่ดูดซับได้ แต่ ถูกสร้างขึ้นมาในสมองของคนเรา โดยผ่านการกระทำ นักเรียนต้องลงมือปฏิบัติการสืบเสาะหา ความรู้ด้วยตนเองเพื่อพัฒนาสติปัญญา สำหรับแรงจูงใจหรือพลังที่จะสร้างสติปัญญาต้องมาจากตัว นักเรียนเอง (วรรณทิพา รอดแรงคำ. 2540 อ้างอิงจาก Fosnot. 1996; von Glasersfeld. 1991) ดังนั้นรูปแบบการเรียนรู้จึงต้องมีขั้นตอนการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน และต้องเป็นรูปแบบการ เรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง

ทั้งนี้การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ สอดคล้องกับแนวคิดทฤษฎีการสร้างความรู้ เพราะเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ ใช้ทักษะการคิดร่วมกับการลงมือปฏิบัติด้วยกระบวนการต่างๆ เช่น การสังเกต การตั้งคำถามทาง วิทยาศาสตร์ การวัด การจำแนกประเภท การทดลอง การสำรวจตรวจสอบ เก็บรวบรวม วิเคราะห์ และตีความข้อมูล สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนสื่อสารและนำเสนอคำอธิบายทาง วิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นสู่ผู้อื่น เพื่อให้นักเรียนเกิดทั้งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ ตลอดจนมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ควบคู่กันไป (กุศลสิน มุสิกกุล. 2550; ชาตรี ฝ่ายคำตา. 2552ก; Colburn. 2000; Lawson. 2000; NRC. 2000; Sandoval. 2005) ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 5 ประการ (NRC. 2000) ดังนี้ 1) นักเรียนมีความสนใจต่อคำถามทางวิทยาศาสตร์หรือมีการกระตุ้น ความสนใจของนักเรียนด้วยคำถามทางวิทยาศาสตร์และนักเรียนได้รับการตรวจสอบความรู้เดิม 2)

นักเรียนให้ความสำคัญกับหลักฐานที่จะนำมาใช้ในการตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ 3) นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากหลักฐาน 4) นักเรียนเชื่อมโยงคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของตนเองเข้ากับความรู้หรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นที่ยอมรับ 5) นักเรียนสื่อสารหรือตัดสินใจคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้น แต่จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยไม่มีการบ่งชี้ถึงลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และไม่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้สะท้อนความคิดต่อลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ได้เรียนรู้ ยังไม่สามารถพัฒนาหรือส่งเสริมให้นักเรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้อย่างสอดคล้องกับมติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (Bybee et al. 2006; Khishfe; & Abd El-Khalick. 2002; Schwartz; Lederman; & Crawford. 2004) การจะส่งเสริมให้นักเรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างถูกต้องนั้น ต้องใช้การจัดการเรียนรู้แบบบ่งชี้และสะท้อนความคิด ซึ่งมีลักษณะสำคัญ คือ นักเรียนได้รับการบ่งชี้ให้เรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และสะท้อนความคิดต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่เรียนรู้ ทั้งนี้การบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ต้องปรากฏทั้งส่วนของจุดประสงค์การเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ และการวัดประเมินผลการเรียนรู้ (Bell; Matkins; & Gansneder. 2011; Chamrat. 2009; Khishfe; & Lederman. 2006; Khishfe. 2008; Liangkriilas. 2009; Limpanont. 2011)

นอกจากนี้ยังมีบางลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ซึ่งเกี่ยวข้องกับกิจการทางวิทยาศาสตร์ (AAAS. 1993) คือ วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมทางสังคม วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมมีผลกระทบซึ่งกันและกัน จัดว่าเป็นลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ yakต่อการทำความเข้าใจของนักเรียน หากขาดการเชื่อมโยงให้เห็นถึงบริบทจริงทางสังคมที่มีผลต่อการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ผลกระทบของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต่อคนในสังคม รวมทั้งบทบาทของเทคโนโลยีต่อการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์และต่อชีวิตคนในสังคมนั้น (สิรินภา กิจเกื้อกูล. 2555; สิรินภา กิจเกื้อกูล; นฤมล ยุตาคม; และ อรุณี อิงคกุล. 2548; Bell et al. 2003) ด้วยเหตุนี้ การจะส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ดังกล่าวมากยิ่งขึ้น ควรเป็นจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์ (Historical approach) (สิรินภา กิจเกื้อกูล. 2555; Reid-Smith. 2013) และการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะสามารถส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้นั้น จึงสามารถทำได้ 2 ลักษณะ ดังนี้ 1) นักเรียนเกิดความสนใจหรือได้รับการสร้างความสนใจต่อประวัติทางวิทยาศาสตร์สามารถร่วมอภิปรายและสะท้อนความคิดต่อลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จากประวัติทางวิทยาศาสตร์นั้น (สิรินภา กิจเกื้อกูล. 2555; Limpanont. 2011) 2) นักเรียนสืบเสาะหาความรู้จากประวัติทางวิทยาศาสตร์ หรือทำการศึกษา ค้นคว้าทดลองตามนักวิทยาศาสตร์ สามารถร่วมอภิปรายและสะท้อนความคิดต่อลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จากประวัติทางวิทยาศาสตร์นั้น (สิรินภา กิจเกื้อกูล. 2555; Chamrat. 2009; Dass. 2005; Liangkriilas. 2009; Limpanont. 2011)

ขั้นตอนที่ 2: การสร้างและพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER

2.1 นำข้อมูลจากการศึกษาและวิเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามพระราชบัญญัติการจัดการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 ฉบับปรับปรุงและแก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2545 เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ แนวคิดทฤษฎีการสร้างความรู้ การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ การจัดการเรียนรู้แบบบ่งชี้และสะท้อนความคิด และการจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์ มาสร้างเป็นรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER (ฉบับร่าง) โดยจากการวิเคราะห์ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีการสร้างความรู้ 3 วิธีการ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ การจัดการเรียนรู้แบบบ่งชี้และสะท้อนความคิด และการจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยขอสรุปไว้ดังตาราง 8

ตาราง 8 หลักการของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER และการจัดการเรียนรู้ 3 วิธีการ

ลักษณะสำคัญ	Inquiry based approach	Explicit and reflective approach	Historical approach
1. ผู้เรียนมีความสนใจต่อคำถามทางวิทยาศาสตร์ หรือมีการกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนด้วยคำถามทางวิทยาศาสตร์และทบทวนความรู้เดิมของผู้เรียน	✓	-	-
2. ผู้เรียนให้ความสำคัญกับหลักฐานที่จะนำมาใช้ในการตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์	✓	-	-
3. ผู้เรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากหลักฐาน	✓	-	-
4. ผู้เรียนเชื่อมโยงคำอธิบายของตนเองเข้ากับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นที่ยอมรับ	✓	-	-
5. ผู้เรียนสื่อสารหรือตัดสินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้น	✓	-	-
6. ผู้เรียนได้รับการบ่งชี้ให้เรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และสะท้อนความคิดต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่เรียนรู้	-	✓	-

ตาราง 8 (ต่อ)

ลักษณะสำคัญ	Inquiry based approach	Explicit and reflective approach	Historical approach
7. ผู้เรียนเกิดความสนใจต่อประวัติทางวิทยาศาสตร์ สามารถร่วมมือปรายและสะท้อนความคิดต่อลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จากประวัติทางวิทยาศาสตร์นั้น	-	-	✓
8. ผู้เรียนสืบเสาะหาความรู้จากประวัติทางวิทยาศาสตร์ หรือทำการศึกษาค้นคว้า ทดลองตามนักวิทยาศาสตร์ สามารถร่วมมือปรายและสะท้อนความคิดต่อลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จากประวัติทางวิทยาศาสตร์นั้น	-	-	✓

จากตาราง 8 แสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ มีลักษณะสำคัญ 5 ลักษณะ การจัดการเรียนรู้แบบบ่งชี้และสะท้อนความคิดมีลักษณะสำคัญ 1 ลักษณะ และการจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะสำคัญ 2 ลักษณะ ดังนั้นในรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ HI-ER ซึ่งสร้างจากลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 วิธีการจะต้องมีลักษณะสำคัญเหล่านี้ทุกลักษณะ

2.2 กำหนดร่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยผสมผสานลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีการสร้างความรู้ 3 แนวทาง อันได้แก่ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ การจัดการเรียนรู้แบบบ่งชี้และสะท้อนความคิด และการจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้จากลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 แนวทาง สรุปได้ว่าหลักการของรูปแบบการเรียนรู้ คือ มีการตรวจสอบความรู้เดิมของผู้เรียน มีการนำประวัติทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเกี่ยวข้องกับเนื้อหาบทเรียนมาให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ (Historical approach) ทั้งการนำมาสร้างความสนใจให้กับผู้เรียน หรือนำมาใช้เป็นสื่อเพื่อสืบเสาะหาความรู้จากประวัติทางวิทยาศาสตร์ และเพื่อทำการศึกษาค้นคว้า ทดลองตามนักวิทยาศาสตร์ในประวัติทางวิทยาศาสตร์นั้น นอกจากนี้ผู้เรียนต้องใช้ทักษะการคิดร่วมกับกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-based approach) ทั้งสังเกต ตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ เปรียบเทียบ จัดจำแนก ทดลอง สืบเสาะหาตรวจสอบ เก็บรวบรวมข้อมูล สร้างคำอธิบาย เชื่อมโยงคำอธิบายกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นที่ยอมรับในปัจจุบัน สื่อสารและนำเสนอคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้น รวมทั้งเปิดโอกาสให้ผู้เรียนร่วมมือปรายถึง

แนวคิดทางวิทยาศาสตร์และลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จากกิจกรรมการเรียนรู้และจากประวัติทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนผู้เรียนต้องสะท้อนความคิดต่อลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีการบ่งชี้ให้เรียนรู้ (Explicit and Reflective approach) ผู้วิจัยได้ตั้งชื่อรูปแบบการเรียนรู้ว่า “รูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER”

ดังนั้นผู้วิจัยจึงขอสรุปความเชื่อมโยงระหว่างขั้นตอนของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER กับลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีการสร้างความรู้ทั้ง 3 วิธีการ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ การจัดการเรียนรู้แบบบ่งชี้และสะท้อนความคิด และการจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์ ดังตาราง 9

ตาราง 9 การสร้างและพัฒนาขั้นตอนของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER จากลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 วิธีการ

ขั้นตอนรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	Inquiry based approach	Explicit and Reflective approach	Historical approach
ขั้นที่ 1: การสร้างความสนใจและการตรวจสอบความรู้เดิม (Engagement and Elicitation)	1I	-	1H
ขั้นที่ 2: การสืบเสาะ (Inquiry)	2I	-	2H
ขั้นที่ 3: การอธิบาย (Explanation)	3I และ 4I	-	-
ขั้นที่ 4: การอภิปราย (Discussion)	4I และ 5I	-	1H หรือ 2H
ขั้นที่ 5: การสะท้อนความคิดต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (NOS Reflection)	-	1ER	1H หรือ 2H

หมายเหตุ : ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์ 1H และ 2H ครูผู้สอนสามารถเลือกใช้ได้ลักษณะใดลักษณะหนึ่งหรือทั้งสองลักษณะ ขึ้นอยู่กับประวัติทางวิทยาศาสตร์ที่นำมาใช้

จากตาราง 9 แสดงให้เห็นว่า กระบวนการหรือขั้นตอนจัดการเรียนรู้ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER ในแต่ละขั้นสร้างขึ้นจากลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 วิธีการ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ขั้นที่ 1: การสร้างความสนใจและการตรวจสอบความรู้เดิม (Engagement and Elicitation) สร้างและพัฒนาขึ้นจากลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ข้อ

1I: ผู้เรียนมีความสนใจต่อคำถามทางวิทยาศาสตร์หรือมีการกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนด้วย

คำถามทางวิทยาศาสตร์และตรวจสอบความรู้เดิมของผู้เรียน หรือผสมกับลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์ข้อ 1H: ผู้เรียนเกิดความสนใจต่อประวัติทางวิทยาศาสตร์ สามารถร่วมมือปรายและสะท้อนความคิดต่อลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จากประวัติทางวิทยาศาสตร์นั้น

ขั้นที่ 2: การสืบเสาะ (Inquiry) สร้างและพัฒนาขึ้นจากลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ข้อ 2I : ผู้เรียนให้ความสำคัญกับหลักฐานที่จะนำมาใช้ในการตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์หรือผสมกับลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์ข้อ 2H: ผู้เรียนสืบเสาะหาความรู้จากประวัติทางวิทยาศาสตร์ หรือทำการศึกษา ค้นคว้า ทดลองตามนักวิทยาศาสตร์ สามารถร่วมมือปรายและสะท้อนความคิดต่อลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จากประวัติทางวิทยาศาสตร์นั้น

ขั้นที่ 3: การอธิบาย (Explanation) สร้างและพัฒนาขึ้นจากลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ข้อ 3I: ผู้เรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากหลักฐาน และ 4I: ผู้เรียนเชื่อมโยงคำอธิบายของตนเองเข้ากับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นที่ยอมรับ

ขั้นที่ 4: การอภิปราย (Discussion) สร้างและพัฒนาขึ้นจากลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ข้อ 4I: ผู้เรียนเชื่อมโยงคำอธิบายของตนเองเข้ากับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นที่ยอมรับ และข้อ 5I: ผู้เรียนสื่อสารหรือตัดสินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้น ผสมกับลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์ ข้อ 1H หรือ 2H ข้อใดข้อหนึ่งขึ้นอยู่กับขั้นที่ 1 และ 2

ขั้นที่ 5: การสะท้อนความคิด (NOS Reflection) สร้างและพัฒนาขึ้นจากลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบบ่งชี้และสะท้อนความคิดข้อ 1ER: ผู้เรียนได้รับการบ่งชี้ให้เรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และสะท้อนความคิดต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่เรียนรู้ ผสมกับลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์ข้อ 1H หรือ 2H ข้อใดข้อหนึ่งขึ้นอยู่กับขั้นที่ 1 และ 2

สำหรับวัตถุประสงค์ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้กระบวนการเรียนรู้ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1: การสร้างความสนใจและการตรวจสอบความรู้เดิม (Engagement and Elicitation) มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้นักเรียนมีความสนใจต่อคำถามทางวิทยาศาสตร์และมีการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนทั้งในส่วนของแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ครูสามารถวิเคราะห์ความรู้เดิมของนักเรียนและระบุแนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียนได้ กิจกรรมการเรียนรู้เน้นการสร้าง ความสนใจในการเรียนรู้ให้กับนักเรียน โดยให้นักเรียนดู ฟัง สัมผัส สื่อการเรียนรู้ต่างๆ ทั้ง ตัวอย่างของจริง ตัวอย่างรูปภาพ วีดิทัศน์ หรือประวัติทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเกี่ยวข้องกับเนื้อหาบทเรียน จากนั้นมีการใช้คำถามทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้

นักเรียนได้แสดงแนวคิดเดิม มีการแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ให้กับนักเรียนเพื่อเป็นการบ่งชี้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์และลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนต้องเรียนรู้ และเน้นให้นักเรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มตามความสนใจและตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับสิ่งที่ต้องเรียนรู้

ขั้นที่ 2 : การสืบเสาะ (Inquiry) มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้นักเรียนให้ความสำคัญกับหลักฐานที่จะนำมาใช้ในการตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ กิจกรรมการเรียนรู้เน้นให้นักเรียนใช้ทักษะการคิดร่วมกับการสังเกต เปรียบเทียบ จัดจำแนก ทดลอง สำรวจตรวจสอบ และกระบวนการสืบเสาะหาความรู้อื่นๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งหลักฐานที่จะใช้ในการสร้างคำอธิบายหรือตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้สื่อการเรียนรู้และแหล่งเรียนรู้มีทั้งส่วนที่ครูเป็นผู้เตรียมให้กับนักเรียนและส่วนที่นักเรียนต้องสืบเสาะหาเพิ่มเติมด้วยตนเอง ซึ่งสื่อการเรียนรู้ที่ครูเตรียมอาจมีประวัติทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเกี่ยวข้องกับเนื้อหาบทเรียนรวมอยู่ด้วย ทั้งนี้เพื่อให้นักเรียนได้สืบเสาะหาความรู้จากประวัติทางวิทยาศาสตร์ หรือได้ทำการศึกษา สังเกต ทดลอง หรือสำรวจ เลียนแบบนักวิทยาศาสตร์ในประวัติทางวิทยาศาสตร์นั้น

ขั้นที่ 3 : การอธิบาย (Explanation) มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้นักเรียนสร้างคำอธิบายของตนเองและเชื่อมโยงเข้ากับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ กิจกรรมการเรียนรู้เน้นให้นักเรียนนำหลักฐานซึ่งรวบรวมได้จากขั้นที่ 2 มาสร้างคำอธิบายหรือคำตอบของคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนตั้งไว้ ตลอดจนต้องเชื่อมโยงคำอธิบายที่สร้างขึ้นกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นที่ยอมรับในปัจจุบัน

ขั้นที่ 4 : การอภิปราย (Discussion) มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้นักเรียนเปรียบเทียบคำอธิบายของตนเองกับคำอธิบายของเพื่อนร่วมชั้นเรียนและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นที่ยอมรับในปัจจุบัน รวมทั้งสื่อสารและตัดสินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้น กิจกรรมการเรียนรู้เน้นให้นักเรียนนำเสนอคำอธิบายหรือคำตอบของคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนตั้งไว้ มีการเปิดโอกาสให้เพื่อนร่วมชั้นเรียนและครูได้ซักถามในประเด็นที่สงสัยเพิ่มเติม มีการใช้คำถามทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์จากกิจกรรมการเรียนรู้และจากประวัติทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย แสดงความคิดเห็น และได้แย้งเชิงเหตุผล

ขั้นที่ 5: การสะท้อนความคิดต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (NOS Reflection) มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้นักเรียนสะท้อนความคิดต่อลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ซึ่งได้รับการบ่งชี้ให้เรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้เน้นการใช้คำถามให้นักเรียนได้สะท้อนความคิดร่วมกันในระดับชั้นเรียนต่อลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนต้องตอบคำถาม แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ซึ่งนักเรียนได้เรียนรู้จากกิจกรรมการเรียนรู้และจากประวัติทางวิทยาศาสตร์ และเน้นให้นักเรียนเขียนอนุทินเป็นการสะท้อนความคิดของตนเองในระดับบุคคล

จากขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 5 ขั้นตอนของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER ผู้วิจัยขอสรุปความสอดคล้องระหว่างขั้นตอนของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER กับกิจกรรมการเรียนรู้บทบาทนักเรียน และบทบาทครู ดังตาราง 10

ตาราง 10 ขั้นตอนของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER กับกิจกรรมการเรียนรู้ บทบาทนักเรียน และ บทบาทครู

ขั้นตอน	กิจกรรมการเรียนรู้	บทบาทนักเรียน	บทบาทครู
ขั้นที่ 1: การสร้างความสนใจและการตรวจสอบความรู้เดิม (Engagement and Elicitation)	● เน้นการสร้างความสนใจในการเรียนรู้ให้กับนักเรียนด้วยสื่อการเรียนรู้ต่างๆ ทั้งตัวอย่างของจริง ตัวอย่างรูปภาพ วีดิทัศน์ หรือประวัติทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเกี่ยวข้องกันเนื้อหาบทเรียน มีการใช้คำถามทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้นักเรียนได้แสดงแนวคิดเดิม มีการแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ให้กับนักเรียนเพื่อเป็นการบ่งชี้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์และลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนต้องเรียนรู้ เน้นให้นักเรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มตามความสมัครใจ และ ตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับสิ่งที่ต้องเรียนรู้	● แสดงความความสนใจต่อสิ่งที่จะเรียนรู้ ● ตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับสิ่งที่ต้องเรียนรู้ ● ตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับสิ่งที่ต้องเรียนรู้	● สร้างความสนใจให้กับนักเรียนด้วยสื่อการเรียนรู้ต่างๆ (อาจใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์) ● ถามคำถาม ตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน ● ระบุนและแก้ไขแนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียน ● กระตุ้นให้นักเรียนตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์

ตาราง 10 (ต่อ)

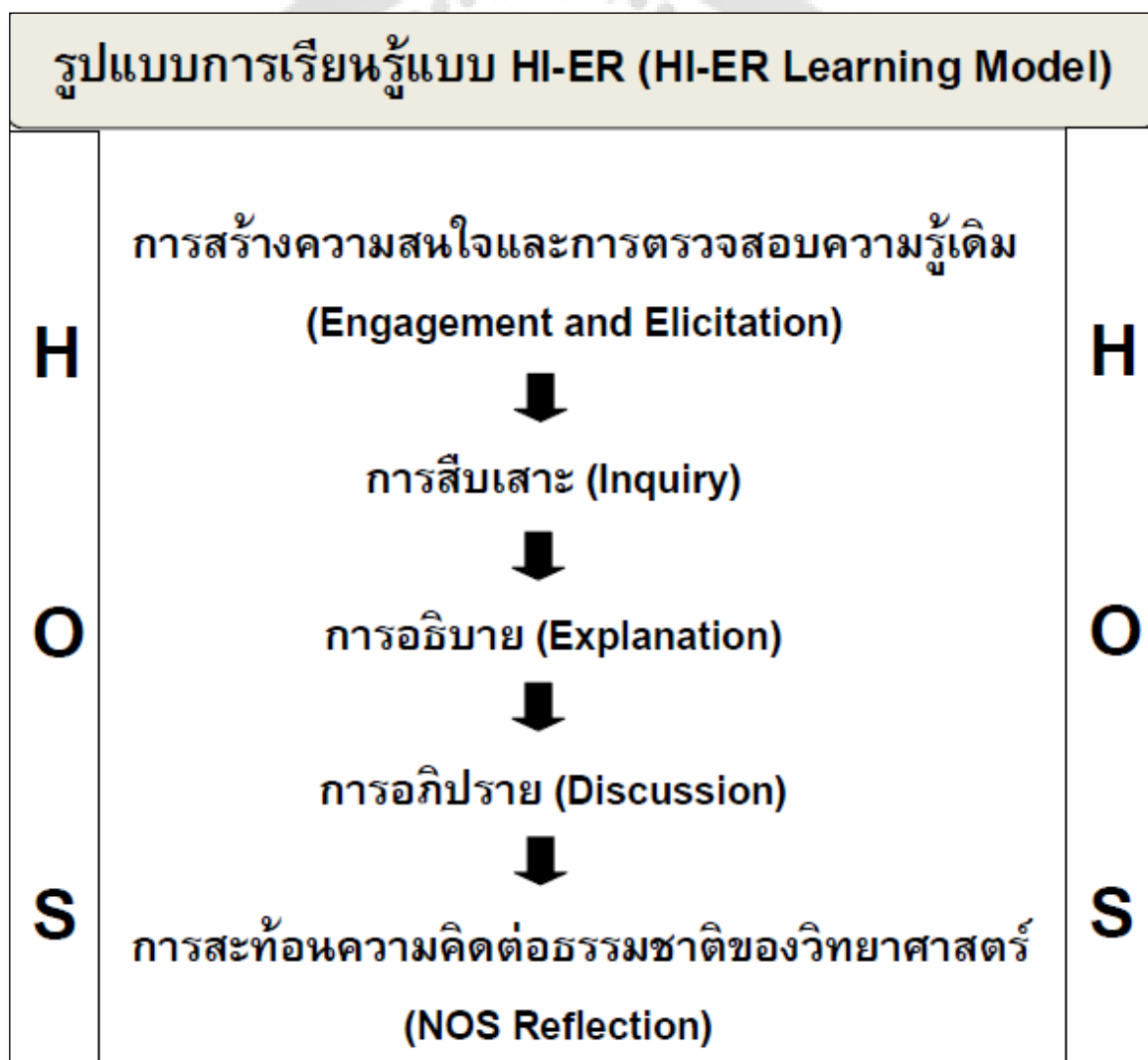
ขั้นตอน	กิจกรรมการเรียนรู้	บทบาทนักเรียน	บทบาทครู
ขั้นที่ 2: การสืบเสาะ (Inquiry)	● เน้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันพิจารณาและปรับปรุงคำถามทางวิทยาศาสตร์ซึ่งนักเรียนตั้งขึ้นในขั้นที่ 1 และวางแผนการตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่ตั้งไว้ นักเรียนต้องใช้ทักษะการคิดร่วมกับการสังเกต เปรียบเทียบ จัดจำแนก ทดลอง สืบเสาะหาความรู้ และกระบวนการสืบเสาะหาความรู้อื่นๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งหลักฐานที่จะใช้ในการสร้างคำอธิบายหรือตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์	● วางแผนเพื่อหาหลักฐานมาสร้างคำตอบของคำถาม ● ใช้ทักษะการคิด ร่วมกับการสืบเสาะหาความรู้ หลากหลายวิธีการ เพื่อหาหลักฐานมาสร้างคำอธิบายหรือคำตอบของคำถาม	● ส่งเสริมให้นักเรียนทำงานร่วมกัน ● ให้คำปรึกษาแก่นักเรียนในการปรับปรุงคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่ตั้งขึ้น ● จัดหาหรือแนะนำสื่อการเรียนรู้และแหล่งการเรียนรู้ให้กับนักเรียน ● ประเมินทักษะการสืบเสาะหาความรู้ของนักเรียน
ขั้นที่ 3: การอธิบาย (Explanation)	● เน้นให้นักเรียนนำหลักฐานมาใช้ในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และเชื่อมโยงคำอธิบายที่สร้างขึ้นกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นที่ยอมรับในปัจจุบัน	● ร่วมกันสร้างคำอธิบายหรือคำตอบของคำถามที่ตั้งไว้จากหลักฐานที่ได้มาจากขั้นที่ 2	● กระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำอธิบายจากหลักฐาน ● ให้คำปรึกษาแก่นักเรียนในการสร้างคำอธิบายจากหลักฐาน

ตาราง 10 (ต่อ)

ขั้นตอน	กิจกรรมการเรียนรู้	บทบาท นักเรียน	บทบาทครู
ขั้นที่ 4: การอภิปราย (Discussion)	● เน้นให้นักเรียนนำเสนอคำอธิบายที่สร้างขึ้น เปิดโอกาสให้เพื่อนร่วมชั้นเรียนและครูได้ซักถามในประเด็นที่สงสัยเพิ่มเติม ใช้คำถามทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้ นักเรียนร่วมกันอภิปราย แสดงความคิดเห็น และโต้แย้งเชิงเหตุผลเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์จากกิจกรรมการเรียนรู้และจากประวัติทางวิทยาศาสตร์	● สื่อสารหรือนำเสนอคำอธิบายที่สร้างขึ้น ● ร่วมอภิปราย ตอบคำถาม แสดงความคิดเห็น หรือโต้แย้งเชิงเหตุผลต่อคำถามเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์จากกิจกรรมการเรียนรู้และประวัติทางวิทยาศาสตร์	● ถามคำถามและกระตุ้นให้นักเรียนร่วมอภิปรายเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์จากกิจกรรมการเรียนรู้และประวัติทางวิทยาศาสตร์ ● ประเมินการมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากการร่วมอภิปราย
ขั้นที่ 5: การสะท้อนความคิดต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (NOS Reflection)	● เน้นการใช้คำถามให้นักเรียนได้สะท้อนความคิดร่วมกันในระดับชั้นเรียนต่อลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนต้องตอบคำถาม แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับลักษณะธรรมชาติธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ซึ่งนักเรียนได้เรียนรู้จากกิจกรรมการเรียนรู้และจากประวัติทางวิทยาศาสตร์ และเน้นให้นักเรียนเขียนอนุทินเป็นการสะท้อนความคิดของตนเองในระดับบุคคล	● สะท้อนความคิดต่อลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการบ่งชี้ให้เรียนรู้ ผ่านการตอบคำถามและการเขียนอนุทิน	● ถามคำถามและกระตุ้นให้นักเรียนสะท้อนความคิดต่อลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จากกิจกรรมการเรียนรู้และประวัติทางวิทยาศาสตร์ ● ประเมินการมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากการสะท้อนความคิด

จากตาราง 10 รูปแบบการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนจะมีจุดมุ่งหมายซึ่งสามารถนำมากำหนด กิจกรรมการเรียนรู้ บทบาทของนักเรียน และบทบาทของครูได้ โดยจากบทบาทดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า นักเรียนต้องผ่านกระบวนการเรียนรู้ที่หลากหลายเพื่อเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเอง ขณะเดียวกันครูก็เป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ของนักเรียน ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการจัดการเรียนรู้ของทฤษฎีการสร้างความรู้

สำหรับแผนภาพรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER มีลักษณะดังภาพประกอบ 2 โดยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ซึ่งรูปแบบการเรียนรู้สร้างและพัฒนาจากวิธีการจัดการเรียนรู้ 3 วิธีการดังได้กล่าวมาแล้ว ชื่อของขั้นตอนการเรียนรู้สะท้อนให้เห็น 2 วิธีการ คือ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และการจัดการเรียนรู้แบบปงชี้และสะท้อนความคิด ส่วนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์ แสดงให้เห็นในส่วนสองข้างของขั้นตอนของรูปแบบซึ่งประวัติทางวิทยาศาสตร์จะปรากฏในทุกขั้นตอนของรูปแบบการเรียนรู้



ภาพประกอบ 2 รูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER

2.3 นำรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER (ฉบับร่าง) ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท เพื่อตรวจสอบและพิจารณาความถูกต้องเหมาะสมขององค์ประกอบในรูปแบบการเรียนรู้ ซึ่งองค์ประกอบที่ต้องตรวจสอบและพิจารณา ได้แก่ หลักการของรูปแบบการเรียนรู้ จุดมุ่งหมายในขั้นตอนของรูปแบบการเรียนรู้ กระบวนการเรียนรู้ของรูปแบบการเรียนรู้ บทบาทนักเรียน บทบาทครู จากนั้นจึงนำข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทมาปรับปรุงแก้ไขรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER (ฉบับร่าง) ให้มีองค์ประกอบที่ความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

2.4 นำรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER (ฉบับร่าง) ที่ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทแล้ว ไปวิเคราะห์คุณภาพโดยให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 2 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา จำนวน 2 ท่าน และครูวิทยาศาสตร์ระดับชำนาญการพิเศษ จำนวน 1 ท่าน เพื่อประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item - Objective Congruence: IOC) ของความถูกต้องเหมาะสมขององค์ประกอบในรูปแบบการเรียนรู้ ซึ่งได้แก่ ลักษณะสำคัญ จุดมุ่งหมายของขั้นตอน กระบวนการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอน บทบาทนักเรียนและบทบาทครูในรูปแบบการเรียนรู้ พบว่า รูปแบบการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นมีค่าดัชนีความสอดคล้องแต่ละข้อ อยู่ระหว่าง 0.6 – 1.00 ซึ่งสูงกว่า 0.5 จึงสามารถรูปแบบการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นไปใช้เป็นแนวทางจัดการเรียนรู้ได้ (รายละเอียดดังภาคผนวก ข, ตาราง 40) นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ปรับปรุงรูปแบบการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้ 1) การนำประวัติทางวิทยาศาสตร์มาบูรณาการในเนื้อหาบทเรียน มีการเรียงลำดับ แสดงความต่อเนื่องของประวัติทางวิทยาศาสตร์ตามระยะเวลา เพื่อป้องกันการเกิดแนวคิดคลาดเคลื่อน 2) การจัดกลุ่มนักเรียนในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้เป็นกลุ่มแบบความสามารถ 3) ขั้นตอนสืบเสาะได้เพิ่มเติมบทบาทของนักเรียนในการร่วมกันพิจารณาและปรับปรุงคำถามที่ตั้งไว้ในขั้นการสร้างความสนใจและการตรวจสอบความรู้เดิม เพื่อให้เป็นคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถสืบเสาะหาความรู้ได้ 4) การเขียนอนุทินของนักเรียนได้เพิ่มหัวข้อที่การเขียนถึงสิ่งที่นักเรียนอยากเรียนรู้เพิ่มเติมและความรู้สึกที่มีต่อบรรยากาศการเรียนรู้

2.5 แก้ไขปรับปรุงรูปแบบการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ แล้วนำไปใช้เป็นแนวทางในการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ต่อไป

ขั้นตอนที่ 3: การสร้างและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ แผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER และเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบไปด้วย แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ แบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ การสัมภาษณ์ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม และอนุทินของนักเรียน ซึ่งผู้วิจัยได้สร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือต่างๆ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เซลล์และการแบ่งเซลล์ จำนวน 10 แผน ใช้ระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้ จำนวน 20 คาบ ซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้นี้ ผู้วิจัยสร้างและหาคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ หน่วยการเรียนรู้เรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ตามขั้นตอน ดังนี้

ขั้นเตรียมการ

นำข้อมูลจากการศึกษาและวิเคราะห์ มาตรฐานการเรียนรู้หลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 สารการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งเกี่ยวข้องกับหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เซลล์และการแบ่งเซลล์ คือ สารที่ 1: สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต มาตรฐาน ว 1.1 และ สารที่ 8: ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มาตรฐาน ว 8.1 เพื่อกำหนดผลการเรียนรู้ของแต่ละแนวคิดหลัก 5 แนวคิดในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เซลล์และการแบ่งเซลล์ โดยผู้วิจัยขอสรุป สอดคล้องของผลการเรียนรู้ในแต่ละแนวคิดหลัก ดังตาราง 11

ตาราง 11 แนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์กับผลการเรียนรู้

แนวคิด	ผลการเรียนรู้
1. ความหมายของเซลล์	● อธิบายความหมายของเซลล์และทฤษฎีเซลล์
2. โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์	● อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ขององค์ประกอบของเซลล์
3. การสื่อสารระหว่างเซลล์	● อธิบายวิธีการสื่อสารระหว่างเซลล์ที่อยู่ใกล้กัน และเซลล์ที่อยู่ไกลกัน
4. การเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์	● อธิบายลักษณะของเซลล์ที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพและความจำเป็นที่เซลล์ต้องมีการเปลี่ยนแปลงสภาพ
5. การชราภาพของเซลล์	● อธิบายสาเหตุของการชราภาพของเซลล์ และลักษณะของเซลล์ที่เกิดการชราภาพ
6. การแบ่งเซลล์	● อธิบายความสำคัญ และขั้นตอนของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ● อธิบายความสำคัญ และขั้นตอนของการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ● เปรียบเทียบลักษณะสำคัญของเซลล์ใหม่ที่ได้จากการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส

ขั้นสร้าง

สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ HI-ER โดยแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นมีองค์ประกอบดังต่อไปนี้

- 1) ชื่อแผนการจัดการเรียนรู้
- 2) ระยะเวลาที่จัดการเรียนรู้
- 3) มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และผลการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้อง
- 4) จุดประสงค์การเรียนรู้
- 5) แนวคิดทางวิทยาศาสตร์
- 6) ลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
- 7) กระบวนการเรียนรู้
- 8) การวัดและประเมินผล
- 9) สื่อและอุปกรณ์การเรียนรู้
- 10) ความรู้เพิ่มเติมและเอกสารอ้างอิง

ทั้งนี้ผู้วิจัยขอนำเสนอรายละเอียดแผนการจัดการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เซลล์และการแบ่งเซลล์ ทั้งในส่วนของแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ ชื่อแผนการจัดการเรียนรู้ และระยะเวลาที่จัดการเรียนรู้ในแต่ละแผน ดังตาราง 12

ตาราง 12 แนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ ชื่อแผนการจัดการเรียนรู้ และระยะเวลาที่จัดการเรียนรู้

แนวคิด	แผนการจัดการเรียนรู้	เวลา (คาบ)
1. ความหมายของเซลล์	1. มารู้จักเซลล์กันเถอะ	2
2. โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์	2. ฉันเป็นใครในเซลล์	3
	3. นิวเคลียสของเซลล์	2
	4. เข้าใจแบบจำลอง	2
	5. วิวัฒนาการของไมโทคอนเดรียและคลอโรพลาสต์	2
3. การสื่อสารระหว่างเซลล์	6. เซลล์สื่อสารกันอย่างไร	2
4. การเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์	7. การเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์	1
5. การชราภาพของเซลล์	8. การชราภาพของเซลล์	1
6. การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส	9. การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส	3
7. การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส	10. การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส	2
รวม		20

นอกจากนี้ผู้วิจัยขอสรุปความสอดคล้องระหว่างแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และประวัติทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ดังตาราง 13

ตาราง 13 แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และประวัติทางวิทยาศาสตร์ ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

แผน	แนวคิดทางวิทยาศาสตร์	ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	ประวัติทางวิทยาศาสตร์
1	เซลล์เป็นหน่วยพื้นฐานที่เล็กที่สุดของสิ่งมีชีวิตและมีการจัดระบบการทำงานภายในโครงสร้างของเซลล์เพื่อให้เซลล์ดำรงชีวิตอยู่ได้	● ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ● วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน ● ความเป็นอัตนัยของนักวิทยาศาสตร์มีผลต่อการทำงานทางวิทยาศาสตร์ ● วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมทางสังคม	● การศึกษาใครเป็นเจ้าของเซลล์ และการศึกษาเกี่ยวกับเซลล์ ตั้งแต่สมัยของฮุก (Hooke) จนถึงเฟลมมิง (Fleming) และการตั้งทฤษฎีเซลล์ของชวันน์ ชไลเดน วีร์โชว์ (Schwann, Schleiden, and Virchow)
2	โครงสร้างของเซลล์แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนห่อหุ้มเซลล์ ไซโทพลาสซึม และนิวเคลียส	● วิทยาศาสตร์อาศัยทั้งการสังเกตและการลงความเห็น ● กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความหลากหลาย ● ความเป็นอัตนัยของนักวิทยาศาสตร์มีผลต่อการทำงานทางวิทยาศาสตร์ ● ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการมีผลต่อการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ● วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม มีผลกระทบซึ่งกันและกัน	● การศึกษาเกี่ยวกับ กอลจิคอมเพล็กซ์ ของกอลจี (Golgi) ไมโทคอนเดรียของคลูด (Cluade) ไลโซโซมของดูว์ (Duve) และ ER ของพาลเลต (Palade)

ตาราง 13 (ต่อ)

แผน	แนวคิดทางวิทยาศาสตร์	ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	ประวัติทวิวิทยาศาสตร์
3	นิวเคลียส ประกอบด้วย เยื่อหุ้ม นิวเคลียส นิวคลีโอไลต์และโครโมโซม นิวเคลียสทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเซลล์และการแบ่งเซลล์	● วิทยาศาสตร์อาศัยทั้งการสังเกตและการลงความเห็น ● กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความหลากหลาย ● ความเป็นอัตนัยของนักวิทยาศาสตร์มีผลต่อการทำงานทางวิทยาศาสตร์ ● ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการมีผลต่อการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ● วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมทางสังคม	● การศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับนิวเคลียสของบราวน์ (Brown) ● มิเชอร์ (Miescher) ● ฟอนตานา (Fontana) ● และเฟลมมิง (Fleming)
4	เยื่อหุ้มเซลล์และผนังเซลล์เป็นส่วนห่อหุ้มเซลล์ ซึ่งมีลักษณะและบทบาทหน้าที่ต่อเซลล์แตกต่างกัน	● ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ● วิทยาศาสตร์อาศัยทั้งการสังเกตและการลงความเห็น ● วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน ● ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการมีผลต่อการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์	● แบบจำลองโครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์แบบ Davson - Danielli (DD) ของดาร์วินและแดเนียลและแบบ Fluid mosaic model ของซิงเกอร์และนิโคลสัน (Singer and Nicolson)
5	ไมโทคอนเดรียและคลอโรพลาสต์ เป็นออร์แกเนลล์ที่อยู่ในไซโทพลาสซึม ไมโทคอนเดรียสร้างพลังงานแก่เซลล์ ส่วนคลอโรพลาสต์เป็นแหล่งสร้างสารอาหารของเซลล์พืชและสาหร่ายชนิดต่าง ๆ ยกเว้นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน	● วิทยาศาสตร์อาศัยทั้งการสังเกตและการลงความเห็น ● วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน ● กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความหลากหลาย	● สมมติฐานการอยู่ร่วมกันเอนซิมไบโอซิส (Endosymbiosis) ของมาร์กูลิส (Margulis)

ตาราง 13 (ต่อ)

แผน	แนวคิดทางวิทยาศาสตร์	ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	ประวัติทางวิทยาศาสตร์
6	การสื่อสารระหว่างเซลล์ที่อยู่ใกล้กัน กรณีเซลล์พืชสื่อสารกันผ่านทางช่องพลาสโมเดสมาตา กรณีเซลล์สัตว์สื่อสารกันผ่านทางช่องขนาดเล็กบนเยื่อหุ้มเซลล์และสื่อสารกันโดยอาศัยตัวรับที่อยู่บนเยื่อหุ้มเซลล์ ส่วนการสื่อสารของเซลล์ที่อยู่ไกลกัน กรณีเซลล์พืชสื่อสารกันทางฮอร์โมนพืช ซึ่งจะลำเลียงไปตามท่อน้ำและท่ออาหาร หรือลำเลียงจากเซลล์หนึ่งไปยังอีกเซลล์หนึ่ง หรือแพร่ผ่านอากาศในรูปแก๊ส กรณีเซลล์สัตว์สื่อสารกันผ่านกระแสประสาททางเซลล์ประสาท และสื่อสารกันผ่านทางฮอร์โมนลำเลียงไปตามกระแสเลือดทางหลอดเลือด	● ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ● ความเป็นอัตนัยของนักวิทยาศาสตร์มีผลต่อการทำงานทางวิทยาศาสตร์ ● วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมทางสังคม ● วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม มีผลกระทบซึ่งกันและกัน	● การศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับฮอร์โมนของเบย์ลิสและสตาร์ลิง (Bayliss and Starling) และสารสื่อประสาทของเดลและโลวี (Dale and Loewi)
7	การเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์ เป็นการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ลักษณะ และขนาดของเซลล์ เพื่อไปทำหน้าที่เฉพาะอย่าง	● ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้	● การศึกษาเกี่ยวกับเซลล์ต้นกำเนิดชนิดเหนียวนำ (iPS Cells) ของกอร์ดอน (Gordon)
8	สาเหตุของการชราภาพของเซลล์ คือ เซลล์อายุขัยจำกัด เซลล์มีการสะสมของเสีย เซลล์ได้รับอนุมูลอิสระ เซลล์ที่เกิดการชราภาพมีความสามารถในการทำงานลดลง	● วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมทางสังคม ● วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม มีผลกระทบซึ่งกันและกัน	● การอธิบายเกี่ยวกับโรคชราในเด็ก ของฮันชินสัน (Hutchinson) กับกิลฟอร์ด (Gilford) และการศึกษาเกี่ยวกับสาเหตุของโรคชราในวัยเด็ก ของคอลลินส์ (Collins)

ตาราง 13 (ต่อ)

แผ่น	แนวคิดทางวิทยาศาสตร์	ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	ประวัติทางวิทยาศาสตร์
9	การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสเป็นการแบ่งเซลล์เพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์ร่างกายของสิ่งมีชีวิตทั่วไป หรือเพื่อการสืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว และพืช สิ้นสุดการแบ่งเซลล์จะได้เซลล์ใหม่เป็นจำนวน 2 เท่าของเซลล์เดิม เซลล์ใหม่มีลักษณะทางพันธุกรรมเหมือนกับเซลล์เดิมและมีจำนวนชุดของโครโมโซมเท่ากับเซลล์เดิม	● ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ● วิทยาศาสตร์อาศัยทั้งการสังเกตและการลงความเห็น ● วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน ● ความเป็นอัตนัยของนักวิทยาศาสตร์มีผลต่อการทำงานทางวิทยาศาสตร์ ● วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม มีผลกระทบซึ่งกันและกัน	● การศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสของเฟลมมิง (Fleming) เนอร์ส (Nurse) ฮาร์ทเวลล์ (Hartwel) และฮันท์ (Hunt)
10	การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสเป็นการแบ่งเซลล์เพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ สิ้นสุดการแบ่งเซลล์จะได้เซลล์ใหม่เป็นจำนวน 4 เท่าของเซลล์เดิม เซลล์ใหม่มีลักษณะทางพันธุกรรมแตกต่างจากเซลล์เดิมและมีจำนวนชุดของโครโมโซมลดลงเหลือเพียงครึ่งหนึ่งของเซลล์เดิม	● ความเป็นอัตนัยของนักวิทยาศาสตร์มีผลต่อการทำงานทางวิทยาศาสตร์ ● วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมทางสังคม ● วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม มีผลกระทบซึ่งกันและกัน	● การศึกษาเกี่ยวกับการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสของเบเนเดน (Beneden) ไวส์แมนน์ (Weismann) และทฤษฎีเกี่ยวกับโครโมโซมของซัตตัน (Sutton) และการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับยีนและโครโมโซมของมอร์แกน (Morgan)

ขั้นหาคูณภาพ

1) นำแผนการจัดการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง เซลล์และการแบ่งเซลล์ ซึ่งสร้างขึ้นตามรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER นำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท เพื่อตรวจสอบและพิจารณาในประเด็น ดังนี้ ความถูกต้องเหมาะสมของภาษาที่ใช้ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ ความเหมาะสมและถูกต้องของการลำดับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่จัดการเรียนรู้

ความเหมาะสมและถูกต้องของลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่จัดการเรียนรู้ ความเหมาะสมของประวัติทางวิทยาศาสตร์ที่นำมาใช้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนการเรียนรู้ ตลอดจนความเหมาะสมของบทบาทนักเรียนและบทบาทครูในแต่ละขั้นตอนการเรียนรู้ จากนั้นนำคำแนะนำและข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทมาปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER

2) นำแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER ซึ่งผ่านการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำและข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทแล้ว เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 2 ท่าน และครูวิทยาศาสตร์ระดับชำนาญการพิเศษ จำนวน 1 ท่าน เพื่อตรวจสอบและพิจารณาหรือประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of item - objective congruence: IOC) ประเด็นดังนี้ 1) ความสอดคล้องระหว่าง จุดประสงค์การเรียนรู้ของแผนการจัดการเรียนรู้กับวัตถุประสงค์ของรูปแบบการเรียนรู้ 2) ความสอดคล้องระหว่างกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละขั้นกับจุดมุ่งหมายและหลักการของในแต่ละขั้น 3) การวัดผลและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ 4) แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้มีความถูกต้องและเหมาะสมกับวัยของนักเรียน 5) ลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้มีความถูกต้องและเหมาะสมกับวัยนักเรียน 6) ระยะเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้ จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ พบว่าแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER ที่สร้างขึ้นทั้ง 10 แผน มีค่าดัชนีความสอดคล้องแต่ละข้อ อยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 ซึ่งสูงกว่า 0.5 จึงถือว่าสามารถยอมรับแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นและสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้กับนักเรียนได้ (รายละเอียดดังภาคผนวก ข, ตาราง 41) นอกจากนี้ผู้เชี่ยวชาญยังมีข้อเสนอแนะบางแผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้ 1) ในขั้นที่ 2 การสืบเสาะ (inquiry) ของทุกแผนให้เพิ่มบทบาทของนักเรียนในการปรับปรุงคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากขั้นที่ 1 2) ให้เรียงลำดับกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นสืบเสาะ (Inquiry) ของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ให้เหมาะสมมากยิ่งขึ้น 3) การนำเสนอผลงานในขั้นที่ 4 การอภิปรายอาจไม่จำเป็นต้องให้ทุกกลุ่มออกมานำเสนออาจจะหมุนเวียนสลับกันไปเพื่อให้เหมาะสมกับระยะที่กำหนด

3) นำแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง เซลล์และการแบ่งเซลล์ ที่ผ่านการตรวจสอบและปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญแล้ว มาศึกษานำร่องกับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนเน้นวิทยาศาสตร์ ปีการศึกษา 2558 จำนวน 35 คน ซึ่งไม่ใช่กลุ่มที่ศึกษา แต่มีลักษณะความสามารถทางการเรียนรู้และบริบทของโรงเรียนใกล้เคียงกับกลุ่มที่ศึกษา จำนวนทั้งหมด 5 แผน ได้แก่ 1) ความหมายของเซลล์ (2 คาบ) 2) ฉันทเป็นโครงสร้างใดในเซลล์ (3 คาบ) 3) การสื่อสารระหว่างเซลล์ (2 คาบ) 4) การเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์ (1 คาบ) และ 5) การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (3 คาบ) ใช้ระยะเวลาในการศึกษานำร่องทั้งหมด 11 คาบ โดยผู้วิจัยเป็นผู้จัดการเรียนรู้ด้วยตนเอง เพื่อพิจารณาความเป็นไปของการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามขั้นตอนของรูปแบบการเรียนรู้

แบบ HI-ER ความเหมาะสมของแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และลักษณะของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ ระยะเวลาที่จัดการเรียนรู้ ความเหมาะสมของสื่อการเรียนรู้ และแหล่งเรียนรู้ บรรยากาศการเรียนรู้ รวมทั้งปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นระหว่างที่จัดการเรียนรู้ ผลการศึกษานำร่องพบว่า ทุกขั้นตอนในรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้กับนักเรียนได้ และมีแนวโน้มว่าจะสามารถส่งเสริมการมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียนได้ดี แต่ต้องมีการปรับเปลี่ยนหรือปรับปรุง กิจกรรมการเรียนรู้และระยะเวลาที่กำหนดไว้ในแต่ละขั้นตอนให้มีความเหมาะสม ทั้งนี้ผู้วิจัยได้นำ ข้อมูลที่ได้จากการศึกษานำร่องมาปรับปรุงรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER และแผนการจัดการเรียนรู้ ตามรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER หน่วยการเรียนรู้เรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ ให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น ดังนี้ 1) ขั้นการสร้างความรู้ความสนใจและการตรวจสอบความรู้เดิมซึ่งมีการบ่งชี้ แนวคิดทางวิทยาศาสตร์และลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้นักเรียนได้เรียนรู้ต้องทำอย่างเป็นหลายลักษณะอักษร คือ มีการพิมพ์จุดประสงค์การเรียนรู้แจกให้กับนักเรียนเพื่อความชัดเจน 2) ขั้นการสะท้อนความคิดต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ นอกจากครูจะใช้คำถามหลักกับนักเรียน เพื่อให้ให้นักเรียนสะท้อนความคิดต่อลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนได้เรียนรู้แล้ว ครู ต้องใช้คำถามย่อยหรือคำถามเพื่อเชื่อมโยงหรือกระตุ้นให้นักเรียนสามารถสะท้อนความคิดต่อ ลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่รับการบ่งชี้ให้เรียนรู้ครบทุกลักษณะ 3) การนำประวัติทาง วิทยาศาสตร์มาใช้ในการสร้างความรู้ความสนใจให้กับนักเรียนต้องมีลักษณะเป็นรูปธรรมหรือเป็นเอกสาร ให้นักเรียนได้อ่าน ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองมากกว่าการบอกเล่าของครูเพียงอย่างเดียว 4) การ กำหนดเวลาให้กับแต่ละกระบวนการหรือขั้นตอนของรูปแบบการเรียนรู้ต้องให้เหมาะสมกับกิจกรรม การเรียนรู้ที่จัด โดยเฉพาะกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นการสืบเสาะอาจใช้เวลามากกว่าขั้นอื่นๆ

3.2 เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่

3.2.1 แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ เป็นแบบวัดแนวคิดแบบคำถาม ปลายเปิด ซึ่งผู้วิจัยสร้างและหาคุณภาพตามขั้นตอน ดังนี้

ขั้นเตรียมการ

1) วิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ ว. 1.1 จัดทำผลการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้ของหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เซลล์และการแบ่งเซลล์ และวิเคราะห์แนวคิดในการเรียนรู้

2) วิเคราะห์สาระการเรียนรู้เรื่อง เซลล์และการแบ่งเซลล์ ซึ่งใช้ในการจัดการเรียนรู้ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย แผนการเรียนเน้นวิทยาศาสตร์ จากนั้นจัดทำ กรอบแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่อง เซลล์และการแบ่งเซลล์ ขึ้นตามแนวคิด

ขั้นสร้าง

นำแนวคิด กรอบแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับเซลล์และการแบ่งเซลล์ และ การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่ผ่านมาประกอบกันสร้างเป็นแบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่ง เซลล์ ซึ่งเป็นแบบวัดแบบคำถามปลายเปิด จำนวน 20 ข้อ

ชั้นหาคคุณภาพ

1) นำแบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ที่สร้างขึ้น เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ และความครอบคลุมของข้อคำถามตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ จากนั้นปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท

2) นำแบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ ผ่านการตรวจสอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท ไปวิเคราะห์คุณภาพโดยให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา จำนวน 1 ท่าน และครูวิทยาศาสตร์ระดับชำนาญการพิเศษ จำนวน 1 ท่าน ตรวจสอบหรือประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์ (IOC) หรือความตรงเชิงเนื้อหา รวมทั้งความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ในแบบวัดแนวคิด จากนั้นคัดเลือกข้อคำถามที่ได้รับค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป นำไปใช้ (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2543: 174) ซึ่งผลการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ข้อคำถามในแบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ มีจำนวน 17 ข้อที่ผ่านเกณฑ์การประเมิน โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้อง อยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 และมีจำนวน 3 ข้อที่ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมิน เพราะมีค่าดัชนีความสอดคล้องที่ 0.33 (รายละเอียดดังภาคผนวก ข, ตาราง 42) นอกจากนี้ผู้เชี่ยวชาญยังมีข้อเสนอแนะ ซึ่งผู้วิจัยได้นำมาปรับปรุงแก้ไขแบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ ดังนี้ 1) คำตอบของคำถามข้อที่ 1 ให้เพิ่มคำว่า “เป็นโครงสร้าง” ลงไปด้วย 2) ภาพประกอบของข้อคำถามข้อที่ 3 – 5 ให้ชี้ลูกศรตรงจุดของนิวเคลียสให้มากขึ้น 3) คำตอบในข้อคำถามที่ 2 อาจง่ายเกินไป แต่ก็มีความเหมาะสมกับนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษา 4) คำตอบของข้อที่ 12 สาเหตุแห่งการชราภาพของเซลล์ แนวคำตอบควรเพิ่ม “ปัจจัยที่ทำให้เกิดการชราภาพของเซลล์ อนุมูลอิสระเป็นได้ทั้งปัจจัยภายในและภายนอก เพราะอนุมูลอิสระอาจเกิดจากการสะสมของเสียของเซลล์”

3) นำแบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ ซึ่งผ่านการปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ไปศึกษานำร่องกับนักเรียนซึ่งผ่านการเรียนรู้ เรื่อง เซลล์และการแบ่งเซลล์มาแล้ว จำนวน 30 คน นำข้อมูลจากการศึกษานำร่อง มาปรับปรุงข้อคำถาม เพื่อให้ นักเรียนสามารถอ่าน ทำความเข้าใจภาษา และตอบคำถามได้มากขึ้น ผลการศึกษานำร่อง นักเรียนสามารถอ่านและตอบคำถามได้ ไม่มีการปรับปรุงแก้ไขข้อคำถามได้อีก

4) เมื่อผ่านการหาคุณภาพแล้วได้แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ จำนวน 16 ข้อ (จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมีข้อคำถามที่ผ่านเกณฑ์ทั้งหมด 17 ข้อ แต่มี 2 ข้อที่อยู่ในผลการเรียนรู้เดียวกัน ผู้วิจัยจึงเลือกมาเพียง 1 ข้อ) ครอบคลุมทุกผลการเรียนรู้และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ ดังตาราง 14 ซึ่งสามารถนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูลก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เซลล์และการแบ่งเซลล์ โดยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER

ตาราง 14 แนวคิด แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ข้อคำถามในแบบวัดแนวคิด

แนวคิด	แนวคิดทางวิทยาศาสตร์	ข้อคำถาม
ความหมายของเซลล์	● เซลล์ คือ หน่วยโครงสร้างพื้นฐานที่เล็กที่สุดของสิ่งมีชีวิต ที่มีการจัดระบบการทำงานภายในโครงสร้าง	1,2
โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์	● ผนังเซลล์ทำหน้าที่ปกป้องเซลล์ทำให้เซลล์แข็งแรงและคงรูปร่างอยู่ได้ ส่วนเยื่อหุ้มเซลล์เป็นเยื่อเลือกผ่าน ทำหน้าที่ควบคุมการเข้า-ออกของสารให้กับเซลล์และรักษาสมดุลของสารในเซลล์ ● คลอโรพลาสต์เป็นโครงสร้างที่พบในเซลล์พืชแต่ไม่พบในเซลล์สัตว์ และทำหน้าที่ในการสังเคราะห์ด้วยแสงเพื่อสร้างอาหารให้แก่เซลล์พืช ส่วนไมโทคอนเดรียทำหน้าที่สร้างหรือผลิตพลังงานให้แก่เซลล์ ● เอนโดพลาสมิกเรติคูลัมแบบผิวเรียบทำหน้าที่ สังเคราะห์ลิพิดและกำจัดสารพิษให้แก่เซลล์ ส่วนเอนโดพลาสมิกเรติคูลัมแบบผิวขรุขระทำหน้าที่สังเคราะห์โปรตีนเพื่อส่งออกไปใช้นอกเซลล์ ● นิวเคลียสทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเซลล์และควบคุมการแบ่งเซลล์ ● ไรโบโซมเป็นออร์แกเนลล์ที่ไม่มีเยื่อหุ้ม แต่กอลจิ คอมเพล็กซ์ ไลโซโซม และแวคิวโอลต่างก็เป็นออร์แกเนลล์ที่มีเยื่อหุ้มชั้นเดียว	3,4,5,6,7,8
การสื่อสารระหว่างเซลล์	● การสื่อสารระหว่างเซลล์ที่อยู่ใกล้กัน กรณีเซลล์พืชสื่อสารกันผ่านทางช่องพลาสโมเดสมาตา กรณีเซลล์สัตว์สื่อสารกันผ่านทางช่องขนาดเล็ก บนเยื่อหุ้มเซลล์และสื่อสารกันโดยอาศัยตัวรับที่อยู่บนเยื่อหุ้มเซลล์ ● การสื่อสารของเซลล์ที่อยู่ไกลกัน กรณีเซลล์พืชสื่อสารกันทางฮอร์โมนพืช ซึ่งจะลำเลียงไปตามท่อน้ำและท่ออาหาร หรือลำเลียงจากเซลล์หนึ่งไปยังอีกเซลล์หนึ่ง หรือแพร่ผ่านอากาศในรูปแก๊ส กรณีเซลล์สัตว์สื่อสารกันผ่านกระแสประสาททางเซลล์ประสาท และสื่อสารกันผ่านทางฮอร์โมนลำเลียงไปตามกระแสเลือดทางหลอดเลือด	9,10

ตาราง 14 (ต่อ)

แนวคิด	แนวคิดทางวิทยาศาสตร์	ข้อคำถาม
การเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์	● การเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์ เป็นการเปลี่ยนแปลงลักษณะ รูปร่าง และขนาดของเซลล์ เพื่อให้เซลล์ไปทำหน้าที่เฉพาะอย่าง	11
การชราภาพของเซลล์	● สาเหตุของการชราภาพของเซลล์ คือ เซลล์มียืนกำหนดอายุขัยทำให้เซลล์มีอายุขัยจำกัด เซลล์มีการสะสมของเสียเพิ่มขึ้น เซลล์ได้รับอนุมูลอิสระทำให้ DNA ในเซลล์เกิดความผิดปกติ ลักษณะของเซลล์ชราภาพ คือ ประสิทธิภาพในการทำงานลดลง	12,13
การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส	● การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส จำนวนเซลล์ใหม่ที่ได้จะเป็นสองเท่าของเซลล์เดิม จำนวนโครโมโซมในเซลล์ใหม่ที่ได้จะเท่ากับเซลล์เดิมและเซลล์ใหม่จะมีลักษณะทางพันธุกรรมเหมือนกับเซลล์เดิม การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสเป็นการแบ่งเซลล์ร่างกายเพื่อการเจริญเติบโตในสิ่งมีชีวิตโดยทั่วไปและการแบ่งเซลล์เพื่อสืบพันธุ์ในสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว	14,16
การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส	● การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส จำนวนเซลล์ใหม่ที่ได้จะเป็นสี่เท่าของเซลล์เดิม จำนวนโครโมโซมในเซลล์ใหม่ที่ได้จะลดลงเป็นครึ่งหนึ่งของเซลล์เดิม และเซลล์ใหม่จะมีลักษณะทางพันธุกรรมแตกต่างจากเซลล์เดิม การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสเป็นการแบ่งเซลล์เพื่อการสืบพันธุ์ในสิ่งมีชีวิตโดยทั่วไป	15,16
การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและแบบไมโอซิส	● การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสเป็นการแบ่งเซลล์ร่างกายเพื่อการเจริญเติบโตในสิ่งมีชีวิตโดยทั่วไปและการแบ่งเซลล์เพื่อสืบพันธุ์ในสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว แต่การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสเป็นการแบ่งเซลล์เพื่อการสืบพันธุ์ในสิ่งมีชีวิตโดยทั่วไป	16

3.2.2 แบบสัมภาษณ์แนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ เป็นแบบสัมภาษณ์แบบ

คำถามปลายเปิดประกอบการใช้ตัวอย่าง ซึ่งผู้วิจัยสร้างและหาคุณภาพตามขั้นตอน ดังนี้

ขั้นเตรียมการ

1) วิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ ว. 1.1 จัดทำผลการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้ของหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เซลล์และการแบ่งเซลล์ และวิเคราะห์แนวคิดจากผลการเรียนรู้

2) วิเคราะห์สาระการเรียนรู้เรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ ซึ่งใช้ในการจัดการเรียนรู้สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย แผนการเรียนเน้นวิทยาศาสตร์ จากนั้นจัดทำกรอบแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับเซลล์และการแบ่งเซลล์ขึ้นตามแนวคิด

3) ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการสัมภาษณ์แนวคิด โดยใช้ตัวอย่างประกอบหรือที่เรียกว่า การสัมภาษณ์เกี่ยวกับตัวอย่าง (Interview about instance) ซึ่งทำได้โดยการกำหนดตัวอย่างประกอบกับการสัมภาษณ์นักเรียนเพื่อให้นักเรียนได้แสดงแนวคิดออกมา

ขั้นสร้าง

นำแนวคิด กรอบแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับเซลล์และการแบ่งเซลล์ ข้อมูลจากการศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการสัมภาษณ์แนวคิด มาสร้างเป็นแบบสัมภาษณ์แนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ ซึ่งเป็นแบบสัมภาษณ์แบบคำถามปลายเปิด เพื่อใช้ในการสัมภาษณ์โดยกำหนดตัวอย่าง จำนวน 22 ข้อ

ขั้นหาคุณภาพ

1) นำแบบสัมภาษณ์แนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ รวมทั้งตัวอย่างที่จะใช้ประกอบคำถามในแบบสัมภาษณ์ เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมของภาษาที่ใช้ ความตรงเชิงเนื้อหา การเรียงลำดับเนื้อหา และความครอบคลุมของข้อคำถามตามแนวคิดหลัก เรื่อง เซลล์และการแบ่งเซลล์ จากนั้นปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท

2) นำแบบสัมภาษณ์แนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ รวมทั้งตัวอย่างที่จะใช้ประกอบคำถามในแบบสัมภาษณ์ ซึ่งผ่านการตรวจสอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท ไปวิเคราะห์คุณภาพโดยให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา จำนวน 1 ท่าน และครูวิทยาศาสตร์ระดับชำนาญการพิเศษ จำนวน 1 ท่าน ตรวจสอบหรือประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์ (Index of item - objective congruence: IOC) หรือความตรงเชิงเนื้อหา รวมทั้งความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ จากนั้นคัดเลือกข้อคำถามที่ได้รับค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป นำไปใช้ (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2543: 174) ซึ่งผลการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ข้อคำถามในแบบสัมภาษณ์แนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ มีจำนวน 22 ข้อที่ผ่านเกณฑ์การประเมิน โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้อง อยู่ที่ 1.00 ทุกข้อ (รายละเอียดดังภาคผนวก ข, ตาราง 43) นอกจากนี้ ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหายังได้ให้ข้อเสนอแนะว่า คำถามครอบคลุมแนวคิดที่สำคัญได้ดีแล้ว ส่วนผู้เชี่ยวชาญอีก 2 ท่านไม่ได้ให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

3) นำแบบสัมภาษณ์แนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ รวมทั้งตัวอย่างที่จะใช้ประกอบคำถามในแบบสัมภาษณ์ ซึ่งผ่านการปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ไป

ศึกษานำร่องกับนักเรียนซึ่งผ่านการเรียนรู้ เรื่อง เซลล์และการแบ่งเซลล์มาแล้ว จำนวน 5 คน นำข้อมูลจากการศึกษานำร่องมาปรับปรุงข้อคำถาม เพื่อให้ นักเรียนสามารถฟัง ทำความเข้าใจภาษา และตอบคำถามได้มากขึ้น ผลจากการศึกษานำร่อง พบว่า นักเรียนสามารถเข้าใจในภาษาของคำถามได้ และสามารถตอบคำถามตามแนวคิดของนักเรียนได้

4) เมื่อผ่านการหาคุณภาพแล้วได้แบบสัมภาษณ์แนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ จำนวน 22 ข้อ ดังตาราง 15 ครอบคลุมทุกแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ ซึ่งสามารถนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูลก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เซลล์และการแบ่งเซลล์ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER ได้

ตาราง 15 แนวคิด แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และข้อคำถามในแบบสัมภาษณ์แนวคิด

แนวคิด	แนวคิดทางวิทยาศาสตร์	ข้อคำถาม
ความหมายของเซลล์	● เซลล์ คือ หน่วยโครงสร้างพื้นฐานที่เล็กที่สุดของสิ่งมีชีวิต ที่มีการจัดระบบการทำงานภายในโครงสร้าง	1,2
โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์	● ผนังเซลล์ทำหน้าที่ปกป้องเซลล์ทำให้เซลล์แข็งแรงและคงรูปร่างอยู่ได้ ส่วนเยื่อหุ้มเซลล์เป็นเยื่อเลือกผ่าน ทำหน้าที่ควบคุมการเข้า-ออกของสารให้กับเซลล์และรักษาสมดุลของสารในเซลล์ ● คลอโรพลาสต์เป็นโครงสร้างที่พบในเซลล์พืช แต่ไม่พบในเซลล์สัตว์ และทำหน้าที่ในการสังเคราะห์ด้วยแสงเพื่อสร้างอาหารให้แก่เซลล์พืช ส่วนไมโทคอนเดรียทำหน้าที่สร้างหรือผลิตพลังงานให้แก่เซลล์ ● เอนโดพลาสมิกเรติคูลัมแบบผิวเรียบทำหน้าที่สังเคราะห์ลิพิดและกักจัดสารพิษให้แก่เซลล์ ส่วนเอนโดพลาสมิกเรติคูลัมแบบผิวขรุขระทำหน้าที่สังเคราะห์โปรตีนเพื่อส่งออกไปใช้นอกเซลล์ ● นิวเคลียสทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเซลล์และควบคุมการแบ่งเซลล์ ● ไรโบโซมเป็นออร์แกเนลล์ที่ไม่มีเยื่อหุ้ม แต่กอลจิ คอมเพล็กซ์ ไลโซโซม และแวคิวโอลต่างก็เป็นออร์แกเนลล์ที่มีเยื่อหุ้มชั้นเดียว	3,4,5,6,7,8

ตาราง 15 (ต่อ)

แนวคิด	แนวคิดทางวิทยาศาสตร์	ข้อคำถาม
การสื่อสารระหว่างเซลล์	● การสื่อสารระหว่างเซลล์ที่อยู่ใกล้กัน กรณีสเซลล์พืชสื่อสารกันผ่านทางช่องพลาสโมเดสมาตา กรณีสเซลล์สัตว์สื่อสารกันผ่านทางช่องขนาดเล็ก บนเยื่อหุ้มเซลล์ และสื่อสารกันโดยอาศัยตัวรับที่อยู่บนเยื่อหุ้มเซลล์ ● การสื่อสารของเซลล์ที่อยู่ไกลกัน กรณีสเซลล์พืชสื่อสารกันทางฮอร์โมนพืช ซึ่งจะลำเลียงไปตามท่อน้ำและท่ออาหาร หรือลำเลียงจากเซลล์หนึ่งไปยังอีกเซลล์หนึ่ง หรือแพร่ผ่านอากาศในรูปแก๊ส กรณีสเซลล์สัตว์สื่อสารกันผ่านกระแสประสาททางเซลล์ประสาท และสื่อสารกันผ่านทางฮอร์โมนลำเลียงไปตามกระแสเลือดทางหลอดเลือด	9,10
การเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์	● การเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์ เป็นการเปลี่ยนแปลงลักษณะ รูปร่าง และขนาดของเซลล์เพื่อให้เซลล์ไปทำหน้าที่เฉพาะอย่าง	11,12
การชราภาพของเซลล์	● สาเหตุของการชราภาพของเซลล์ คือ เซลล์มียีนกำหนดอายุขัยทำให้เซลล์มีอายุขัยจำกัด เซลล์มีการสะสมของเสียเพิ่มขึ้น เซลล์ได้รับอนุมูลอิสระทำให้ DNA ในเซลล์เกิดความผิดปกติ ลักษณะของเซลล์ชราภาพ คือ ประสิทธิภาพในการทำงานลดลง	13,14
การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส	● การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส จำนวนเซลล์ใหม่ที่ได้จะเป็นสองเท่าของเซลล์เดิม จำนวนโครโมโซมในเซลล์ใหม่ที่ได้จะเท่ากับเซลล์เดิมและเซลล์ใหม่จะมีลักษณะทางพันธุกรรมเหมือนกับเซลล์เดิม การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสเป็นการแบ่งเซลล์ร่างกายเพื่อการเจริญเติบโตในสิ่งมีชีวิตโดยทั่วไปและการแบ่งเซลล์เพื่อสืบพันธุ์ในสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว	15,16,17

ตาราง 15 (ต่อ)

แนวคิด	แนวคิดทางวิทยาศาสตร์	ข้อคำถาม
การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส	๑ การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส จำนวนเซลล์ใหม่ที่ได้จะเป็นสี่เท่าของเซลล์เดิม จำนวนโครโมโซมในเซลล์ใหม่ที่ได้จะลดลงเป็นครึ่งหนึ่งของเซลล์เดิม และเซลล์ใหม่จะมีลักษณะทางพันธุกรรมแตกต่างจากเซลล์เดิม การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสเป็นการแบ่งเซลล์เพื่อการสืบพันธุ์ในสิ่งมีชีวิตโดยทั่วไป	18,19,20
การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและแบบไมโอซิส	๑ การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสเป็นการแบ่งเซลล์ร่างกายเพื่อการเจริญเติบโตในสิ่งมีชีวิตโดยทั่วไปและเป็นการแบ่งเซลล์เพื่อสืบพันธุ์ในสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว แต่การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสเป็นการแบ่งเซลล์เพื่อการสืบพันธุ์ในสิ่งมีชีวิตโดยทั่วไป	21,22

3.2.3 แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เป็นแบบวัดแบบคำถามปลายเปิดให้นักเรียนเขียนอธิบายคำตอบ ซึ่งผู้วิจัยสร้างและหาคุณภาพตามขั้นตอน ดังนี้

ขั้นเตรียมการ

1) วิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ ว. 8.1 รวมทั้งศึกษาและวิเคราะห์ลักษณะของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ คัดเลือกลักษณะของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่จำเป็นต้องจัดการเรียนรู้ให้กับนักเรียน และเป็นลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่สามารถบูรณาการในเนื้อหาบทเรียนเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ได้

2) ศึกษาตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับทฤษฎีหรือความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากงานวิจัยที่ผ่านมา และคัดเลือกแบบวัดมุมมองเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (V-NOS C) ของลีเดอร์แมน และคนอื่นๆ (Lederman et al. 2002) มาเป็นแนวทางในสร้างเป็นแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ขั้นสร้าง

นำข้อมูลจากการวิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ ว. 8.1 รวมทั้งศึกษาและวิเคราะห์ลักษณะของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และแบบวัดมุมมองเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (V-NOS C) ของ ลีเดอร์แมน และคนอื่นๆ (Lederman et al. 2002) มาปรับปรุงข้อคำถามเพื่อสร้างเป็นแบบวัดความเข้าใจ

ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ จำนวน 12 ข้อ ซึ่งแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นแบบคำถามปลายเปิดให้นักเรียนเขียนอธิบายคำตอบได้

ขั้นตอนหาคุณภาพ

1) นำแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ซึ่งปรับปรุงขึ้นจากแบบสอบถามมุมมองเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (V-NOS C) ของลีเดอร์แมน และคนอื่นๆ (Lederman et al. 2002) เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทเพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ และความครอบคลุมลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาของข้อคำถาม จากนั้นจึงปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท

2) นำแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ซึ่งผ่านการปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท ไปวิเคราะห์คุณภาพโดยให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 2 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ จำนวน 2 ท่าน และครูวิทยาศาสตร์ระดับชำนาญการพิเศษ จำนวน 1 ท่าน ตรวจสอบหรือประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์ (Index of item - objective congruence: IOC) หรือความตรงเชิงเนื้อหา รวมทั้งความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ จากนั้นคัดเลือกข้อคำถามที่ได้รับค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไปนำไปใช้ (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2543: 174) ซึ่งผลการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ข้อคำถามในแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ มีจำนวน 12 ข้อ มีข้อคำถามที่ผ่านเกณฑ์การประเมิน โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ที่ 1.00 ทุกข้อ อยู่จำนวน 11 ข้อ และมีข้อคำถามที่ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมิน โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้อง อยู่ที่ 0.33 อยู่จำนวน 1 ข้อ (รายละเอียดดังภาคผนวก ข, ตาราง 44) นอกจากนี้ผู้เชี่ยวชาญยังได้ให้ข้อเสนอแนะว่า 1) ข้อคำถามส่วนใหญ่ถูกต้อง สอดคล้องกับประเด็นที่ต้องการวัด และมีความเหมาะสมในด้านการใช้ภาษา ข้อสังเกต คือ VNOS เป็นแบบสอบถาม ไม่ใช่แบบวัดในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยปรับ VNOS - C ให้เป็นแบบวัด ซึ่งจำเป็นต้องอธิบายวิธีการกำหนดค่าคะแนน เนื่องจากนักเรียนไทยส่วนใหญ่ไม่คุ้นเคยกับคำถามปลายเปิดและการเขียนตอบแบบความเรียง ส่วนใหญ่จะตอบคำถามสั้นๆ ทำให้มีความคลาดเคลื่อนในการวัด อาจแก้ไขโดยนำแบบวัดไปทดลองใช้กับนักเรียนที่มีลักษณะคล้ายกับกลุ่มเป้าหมายการวิจัยก่อน เพื่อพิจารณาว่าจำเป็นต้องกำหนดประเด็นเพิ่มเติมให้นักเรียนเขียนตอบหรือไม่ จากข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญผู้วิจัยได้แสดงวิธีการกำหนดค่าคะแนนในการวัดความเข้าใจของนักเรียนในแต่ละกลุ่มความเข้าใจ อีกทั้งได้นำแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไปศึกษานำร่องก่อนนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มที่ศึกษา

3) นำแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ซึ่งผ่านการประเมินของผู้เชี่ยวชาญแล้ว ไปศึกษานำร่องกับนักเรียนซึ่งมีลักษณะและบริบทใกล้เคียงกับกลุ่มที่ศึกษา จำนวน 30 คน นำข้อมูลจากการศึกษานำร่องมาปรับปรุงข้อคำถามในแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของ

วิทยาศาสตร์ ผลปรากฏว่า นักเรียนกลุ่มศึกษานำร่องสามารถอ่าน ทำความเข้าใจภาษา และตอบคำถามในแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้

4) เมื่อผ่านการหาคุณภาพแล้ว ได้แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จำนวน 11 ข้อ ครอบคลุมทุกลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ต้องการศึกษา ดังตาราง 16 และสามารถนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูลก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง เซลล์และการแบ่งเซลล์ ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER ได้

ตาราง 16 ลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และข้อคำถามในแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ลักษณะ NOS	ความเข้าใจที่สอดคล้องกับมิติประชาคมทางวิทยาศาสตร์	ข้อคำถาม
1. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้ เนื่องจาก 1) นักวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีใหม่มาช่วยให้ได้หลักฐานหรือข้อมูลใหม่เพิ่มเติมจากข้อมูลเดิมที่มีอยู่ 2) นักวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ทำให้ได้มาซึ่งหลักฐานใหม่ซึ่งขัดแย้งกับหลักฐานเดิมส่งผลให้มีการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ใหม่ขึ้น 3) นักวิทยาศาสตร์ตีความหรือลงความเห็นใหม่จากหลักฐานเดิมโดยการเปลี่ยนมุมมอง ความเชื่อ และการใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการของนักวิทยาศาสตร์เอง	2
2. วิทยาศาสตร์อาศัยทั้งการสังเกตและการลงความเห็น	นักวิทยาศาสตร์ได้ทำการสังเกต สำรวจ และทดลองการผสมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตในสปีชีส์เดียวกัน เพื่อให้ได้หลักฐานมายืนยัน และนักวิทยาศาสตร์ได้นำหลักฐานที่ได้จากการสังเกต สำรวจ และทดลองมาลงความเห็นร่วมกันเพื่อสร้างนิยามของสปีชีส์” และ “การทดลอง เป็นกระบวนการจัดการกับตัวแปรต่างๆ เพื่อทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ และเป็นส่วนหนึ่งในกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งกระบวนการสืบเสาะหาความรู้มีหลากหลายกระบวนการ เช่น การสังเกต การสำรวจ การคิดไตร่ตรองเชิงเหตุและผล การคิดสร้างสรรค์และจินตนาการ การพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์บางอย่างต้องอาศัยการทดลอง แต่บางอย่างก็อาศัยการสังเกต การสำรวจ การคิดสร้างสรรค์และจินตนาการ หรือใช้การทดลองร่วมกับกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์อื่นๆ	10,11

ตาราง 16 (ต่อ)

ลักษณะ NOS	ความเข้าใจที่สอดคล้องกับมิติประชาคมทางวิทยาศาสตร์	ข้อคำถาม
3. วิทยาศาสตร์ ต้องการหลักฐาน	วิทยาศาสตร์ คือ องค์ความรู้เกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติ กระบวนการคิด กระบวนการได้มาซึ่งองค์ความรู้ รวมทั้งการอธิบายถึงที่มาของการสร้างความรู้และลักษณะของความรู้เหล่านั้น ความรู้ทางวิทยาศาสตร์แตกต่างจากความรู้สาขาอื่นๆ คือ ใช้เหตุและผล มีหลักฐานยืนยัน” และ “นักวิทยาศาสตร์ได้ทำการสังเกต สำรวจ และทดลองการผสมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตในสปีชีส์เดียวกัน เพื่อให้ได้หลักฐานมายืนยัน จากนั้นนักวิทยาศาสตร์จึงนำหลักฐานที่ได้จากการสังเกต สำรวจ และทดลอง มาลงความเห็นร่วมกันเพื่อสร้างนิยามของสปีชีส์	1,10
4. กระบวนการ สืบเสาะหาความรู้ ทางวิทยาศาสตร์	กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์มีความหลากหลายไม่จำเป็นต้องเป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจนหรือแน่นอน นักวิทยาศาสตร์สามารถเลือกใช้วิธีการหรือกระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ที่แตกต่างกันไป หรือใช้หลากหลายวิธีการร่วมกันในการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่องใดเรื่องหนึ่ง” และ “การทดลอง เป็นกระบวนการจัดการกับตัวแปรต่างๆ เพื่อทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ และเป็นส่วนหนึ่งในกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งกระบวนการสืบเสาะหาความรู้มีหลากหลายกระบวนการ เช่น การสังเกต การสำรวจ การคิดไตร่ตรองเชิงเหตุและผล การคิดสร้างสรรค์และจินตนาการ การพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์บางอย่างต้องอาศัยการทดลอง แต่บางอย่างก็อาศัยการสังเกต การสำรวจ การคิดสร้างสรรค์และจินตนาการ หรือใช้การทดลองร่วมกับกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์อื่นๆ	5,11

ตาราง 16 (ต่อ)

ลักษณะ NOS	ความเข้าใจที่สอดคล้องกับมิติประชาคมทางวิทยาศาสตร์	ข้อคำถาม
5. ความเป็นอัตโนมัติของนักวิทยาศาสตร์มีผลต่อการทำงานทางวิทยาศาสตร์	กระบวนการศึกษาค้นคว้าหรือการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความหลากหลาย นักวิทยาศาสตร์สามารถเลือกกระบวนการศึกษาค้นคว้าตามความสนใจ ความเชื่อ มุมมอง ความรู้และประสบการณ์เดิม ตลอดจนความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการของนักวิทยาศาสตร์เอง” และ “เพราะนักวิทยาศาสตร์ทั้งสองกลุ่มมีความเชื่อ มุมมอง ความรู้และประสบการณ์เดิม ตลอดจนมีความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการที่แตกต่างกัน ย่อมส่งผลให้มีการสร้างสมมติฐานที่แตกต่างกัน	3,6
6. ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการมีผลต่อการทำงานทางวิทยาศาสตร์	การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์ต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการทุกขั้นตอน ทั้งการวางแผนและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ การเก็บรวบรวมข้อมูล และต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการร่วมกับการคิดไตร่ตรองเชิงเหตุและผลในการตีความหรือลงข้อสรุปจากข้อมูลหรือหลักฐานที่มีอยู่” และ “เพราะนักวิทยาศาสตร์ทั้งสองกลุ่มมีความเชื่อ มุมมอง ความรู้และประสบการณ์เดิม ตลอดจนมีความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการที่แตกต่างกัน ย่อมส่งผลให้มีการสร้างสมมติฐานที่แตกต่างกัน	4,6
7. วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมทางสังคม	การพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องใช้ทุนและทรัพยากร หากนักวิทยาศาสตร์ไม่ได้รับการสนับสนุนทุนและทรัพยากรจากสังคมหรือถูกขัดขวางไม่ให้ทำงานวิจัยย่อมไม่สามารถพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมที่เกิดจากความพยายามของมนุษย์มีสิทธิได้รับการสนับสนุนหรือขัดขวางจากทางสังคม	7

ตาราง 16 (ต่อ)

ลักษณะ NOS	ความเข้าใจที่สอดคล้องกับมิติประชาคมทางวิทยาศาสตร์	ข้อคำถาม
8. วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และ สังคม มีผลกระทบ ซึ่งกันและกัน	ความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีจะช่วยให้นักวิทยาศาสตร์สามารถขยายขอบเขตในการทำงานวิจัยหรือการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้มากขึ้น ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นช่วยปรับปรุงหรือยกระดับคุณภาพชีวิตของคนในสังคมมากยิ่งขึ้น ยกตัวอย่างเช่น การพัฒนาของกล้องจุลทรรศน์แบบอิเล็กตรอนช่วยให้นักวิทยาศาสตร์สังเกตโครงสร้างภายในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตได้มากยิ่งขึ้น ทำให้สามารถสร้างความรู้เกี่ยวกับเซลล์ได้มากขึ้น เมื่อนักวิทยาศาสตร์มีความรู้เกี่ยวกับเซลล์ก็สามารถคิดค้นหาวิธีการหรือยาที่ใช้ในการรักษาโรคที่เกิดจากความผิดปกติของเซลล์ได้” และ “เห็นด้วย ทั้งวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องและมีผลกระทบซึ่งกันและกัน ยกตัวอย่างเช่น สังคมมีความต้องการรักษาผู้ป่วยโรคเอดส์ ทำให้มีการส่งเสริมให้นักวิทยาศาสตร์คิดค้นความรู้หรือยารักษาโรคเอดส์ ซึ่งการคิดค้นยารักษาโรคเอดส์ต้องอาศัยเทคโนโลยีทั้งในการสืบเสาะหาสาเหตุของโรคเอดส์และการคิดค้นยาเพื่อรักษาโรคเอดส์ ทำให้ต้องมีการพัฒนาทางเทคโนโลยีให้มีความทันสมัยสามารถใช้งานได้เหมาะสมกับความต้องการ เมื่อสามารถคิดค้นยารักษาโรคเอดส์ได้แล้วก็นำมาใช้รักษาผู้ป่วย ทำให้คุณภาพชีวิตของคนในสังคมดีขึ้น	8,9

3.2.4 การสัมภาษณ์ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เป็นการสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างเพิ่มเติมจากการตอบแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งผู้วิจัยสร้างและหาคุณภาพตามขั้นตอนของการสร้างแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ หลังจากวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนกลุ่มที่ทำการศึกษานำร่องแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แล้ว ผู้วิจัยได้ทำการสัมภาษณ์เพิ่มเติมนักเรียนที่อยู่ในแต่ละกลุ่มความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ จำนวน 3 คน เพื่อนำข้อมูลจากการศึกษานำร่องมาปรับปรุงการสัมภาษณ์ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเพิ่มเติม ผลจากการศึกษานำร่อง พบว่า นักเรียนกลุ่มศึกษานำร่องสามารถฟัง ทำความเข้าใจภาษา และตอบคำถามได้ตรงตามประเด็นที่ผู้วิจัยต้องการ

3.2.5 อนุทินของนักเรียน เป็นแบบบันทึกเพื่อให้ นักเรียนเขียนสะท้อนการเรียนรู้ของตนเอง หลังจากผ่านการเรียนรู้แต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ โดยนักเรียนจะเขียนอนุทินทั้งหมด 9 ครั้ง ทั้งนี้ผู้วิจัยได้สร้างและหาคุณภาพอนุทินของนักเรียนตามขั้นตอน ดังนี้

ขั้นเตรียมการ

ศึกษาและวิเคราะห์ลักษณะและรูปแบบของอนุทินของนักเรียนจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง กำหนดหัวข้อที่ต้องการให้นักเรียนเขียนสะท้อนการเรียนรู้

ขั้นสร้าง

สร้างอนุทินของนักเรียนขึ้น โดยมีหัวข้อให้นักเรียนเขียนสะท้อนการเรียนรู้ คือ (1) แนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ที่เรียนรู้ (2) ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่เรียนรู้ (3) สิ่งที่นักเรียนอยากเรียนรู้เพิ่มเติม (4) ความรู้สึกต่อบรรยากาศการเรียนรู้

ขั้นหาคุณภาพ

1) นำอนุทินของนักเรียนที่สร้างขึ้น เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ และความครอบคลุมของข้อความ จากนั้นนำข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทมาปรับปรุงแก้ไขอนุทินของนักเรียน

2) นำอนุทินของนักเรียนซึ่งผ่านการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท ไปศึกษานำร่องกับนักเรียนซึ่งมีลักษณะและบริบทใกล้เคียงกันกับกลุ่มที่ศึกษา จำนวน 3 คน นำข้อมูลจากการศึกษานำร่องมาปรับปรุงข้อความในอนุทินของนักเรียน เพื่อให้ นักเรียนสามารถตอบคำถามได้มากขึ้น

3) เมื่อผ่านการหาคุณภาพแล้ว ได้อนุทินของนักเรียน ซึ่งสามารถนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างการจัดการเรียนรู้หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เซลล์และการแบ่งเซลล์ ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER

ขั้นตอนที่ 4: การนำรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER ไปทดลองใช้จริง

การนำแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เซลล์และการแบ่งเซลล์ ที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขและการศึกษานำร่องแล้ว ไปศึกษากับกลุ่มที่ศึกษา (Implementation) ผู้วิจัยดำเนินการศึกษา มีดังนี้

4.1 แบบแผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้แบบแผนการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (Quasi - experimental) กลุ่มเดียว ทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน (One - group pretest - Posttest Design) ทั้งนี้เป็นแบบแผนการวิจัยที่สามารถนำมาใช้ได้กรณีที่ไม่มีการสุ่มตัวอย่าง และอาจมีหรือไม่มีกลุ่มควบคุมก็ได้ (Bell. 2010: Online) มีรายละเอียดดังตาราง 17

ตาราง 17 แบบแผนการวิจัยแบบกึ่งทดลอง กลุ่มเดียวทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

สอบก่อน	ทดลอง	สอบหลัง
O ₁	X	O ₂

เมื่อ X แทน การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER กับกลุ่มที่ศึกษา

O₁ แทน การวัดก่อนจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER กับกลุ่มที่ศึกษา

O₂ แทน การวัดหลังจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER กับกลุ่มที่ศึกษา

4.2 กลุ่มที่ศึกษา

กลุ่มที่ศึกษา: นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนเน้นวิทยาศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 ในโรงเรียนแห่งหนึ่งซึ่งสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 36 จำนวน 75 คน

4.3 การดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล

1) ก่อนการจัดการเรียนรู้หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เซลล์และการแบ่งเซลล์ โดยแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER ผู้วิจัยในฐานะครูผู้สอนดำเนินการ ดังนี้

1.1 ชี้แจงทำความเข้าใจเกี่ยวกับขั้นตอนการเรียนรู้ ลักษณะของกิจกรรมการเรียนรู้ บทบาทของครูผู้สอน และบทบาทของนักเรียน สำหรับการเรียนรู้หน่วยการเรียนรู้เรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ เพื่อให้เกิดความเข้าใจร่วมกัน

1.2) วัดแนวคิดเกี่ยวกับเซลล์และการแบ่งเซลล์ของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา โดยใช้แบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับเซลล์และการแบ่งเซลล์ ให้นิเวศนักเรียนทำแบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับเซลล์และการแบ่งเซลล์ 60 นาที

1.3) สัมภาษณ์แนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ โดยการทำนัดตัวอย่าง ประกอบการสัมภาษณ์ของนักเรียนตัวแทนกลุ่มที่ศึกษา ซึ่งเลือกมาจากกลุ่มที่ศึกษาที่มีผลการเรียนอยู่ในกลุ่มเก่ง กลาง อ่อน กลุ่มละ 4 คน จำนวน 12 คน ทั้งนี้การสัมภาษณ์ตัวแทนของกลุ่มที่ศึกษาจำนวน 15 - 20 % จากกลุ่มที่ศึกษาทั้งหมด สามารถใช้เป็นตัวแทนในการตัดสินความหมายในบริบทซึ่งเกี่ยวข้องกับนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาทั้งหมดได้ (Lederman et al. 2002) ใช้เวลาในการสัมภาษณ์คนละ 10 – 15 นาที ขออนุญาตนักเรียนตัวแทนกลุ่มที่ศึกษาเพื่อบันทึกเทปการสัมภาษณ์

1.4) วัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา โดยใช้แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ให้นิเวศนักเรียนทำแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 60 นาที วิเคราะห์ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาออกเป็น 4 กลุ่ม (รายละเอียดดังตาราง 20 หน้า 100) คัดเลือกนักเรียนตัวแทนกลุ่มที่ศึกษา ตามกลุ่มของระดับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ กลุ่มละ 3 คน จำนวน 12 คนเพื่อทำการสัมภาษณ์เพิ่มเติม ทั้งนี้การสัมภาษณ์นักเรียนตัวแทนของกลุ่มที่ศึกษา จำนวน 15 - 20 % จากกลุ่ม

ที่ศึกษาทั้งหมด สามารถใช้เป็นตัวแทนในการตัดสินความหมายในบริบทซึ่งเกี่ยวข้องกับนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาทั้งหมดได้ (Lederman et al. 2002)

1.5) ทำการสัมภาษณ์ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนตัวแทนกลุ่มที่ศึกษา จำนวน 12 คน (จากข้อ 1.4) ใช้เวลาในการสัมภาษณ์คนละ 10 - 15 นาที ขออนุญาตนักเรียนตัวแทนกลุ่มที่ศึกษาเพื่อบันทึกเทปการสัมภาษณ์

2) จัดการเรียนรู้หน่วยการเรียนรู้เรื่อง เซลล์และการแบ่งเซลล์ โดยแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER จำนวน 10 แผน ใช้ระยะเวลาการจัดการเรียนรู้ จำนวน 20 คาบ ขออนุญาตนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาบันทึกภาพการทำกิจกรรมการเรียนรู้ หลังจากเสร็จสิ้นการเรียนรู้แต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนกลุ่มที่ศึกษาต้องเขียนอนุทินของนักเรียน ดังนั้นนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาจะเขียนอนุทิน ทั้งหมด 10 ครั้ง

3) หลังการจัดการเรียนรู้หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เซลล์และการแบ่งเซลล์ โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER ผู้วิจัยดำเนินการ ดังนี้

3.1) วัดแนวคิดเกี่ยวกับเซลล์และการแบ่งเซลล์ของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา โดยใช้แบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับเซลล์และการแบ่งเซลล์ ให้นิเวศนักเรียนทำแบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับเซลล์และการแบ่งเซลล์ 60 นาที

3.2) สัมภาษณ์แนวคิดเกี่ยวกับเซลล์และการแบ่งเซลล์ โดยการกำหนดตัวอย่างประกอบการสัมภาษณ์ ของนักเรียนตัวแทนกลุ่มที่ศึกษา ซึ่งเลือกมาจากนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาที่มีระดับผลการเรียนอยู่ในกลุ่มเก่ง กลาง อ่อน กลุ่มละ 4 คน จำนวน 12 คน ทั้งนี้การสัมภาษณ์นักเรียนตัวแทนกลุ่มที่ศึกษาจำนวน 15 - 20 % จากกลุ่มที่ศึกษาทั้งหมด สามารถใช้เป็นตัวแทนในการตัดสินความหมายในบริบทซึ่งเกี่ยวข้องกับกลุ่มที่ศึกษาทั้งหมดได้ (Lederman et al. 2002) ใช้เวลาสัมภาษณ์คนละ 10 - 15 นาที ขออนุญาตนักเรียนตัวแทนกลุ่มที่ศึกษาบันทึกเทปการสัมภาษณ์

3.3) วัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา โดยใช้แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ให้นิเวศนักเรียนทำแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 60 นาที วิเคราะห์ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาออกเป็น 4 กลุ่ม (รายละเอียดดังตาราง 20 หน้า 100) คัดเลือกนักเรียนตัวแทนกลุ่มที่ศึกษา ตามกลุ่มของระดับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ กลุ่มละ 3 คน จำนวน 12 คน เพื่อทำการสัมภาษณ์ ทั้งนี้การสัมภาษณ์นักเรียนตัวแทนกลุ่มที่ศึกษาจำนวน 15 - 20 % จากนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาทั้งหมด สามารถใช้เป็นตัวแทนในการตัดสินความหมายในบริบทซึ่งเกี่ยวข้องกับกลุ่มที่ศึกษาทั้งหมดได้ (Lederman et al. 2002)

3.4) ทำการสัมภาษณ์ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนตัวแทนกลุ่มที่ศึกษา จำนวน 12 คน (จากข้อ 3.3) ใช้เวลาในการสัมภาษณ์คนละ 10 - 15 นาที ขออนุญาตนักเรียนตัวแทนกลุ่มที่ศึกษาเพื่อบันทึกเทปการสัมภาษณ์

ทั้งนี้ผู้วิจัยขอสรุปการใช้เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังตาราง 18

ตาราง 18 เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล ระยะเวลาที่ใช้ ช่วงเวลาที่ใช้ และจำนวนกลุ่มที่ศึกษา

เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล	ระยะเวลา (นาที)	ช่วงเวลาที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล (รูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER)			กลุ่มที่ศึกษา
		ก่อน	ระหว่าง	หลัง	
แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์	60	✓	-	✓	ทั้งหมด
การสัมภาษณ์แนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์	10-15	✓	-	✓	ตัวแทนกลุ่มที่ศึกษา*
แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	60	✓	-	✓	ทั้งหมด
การสัมภาษณ์ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	10-15	✓	-	✓	ตัวแทนกลุ่มที่ศึกษา*
อนูทินของนักเรียน	-	-	-	✓	ทั้งหมด

หมายเหตุ : * ตัวแทนนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา ร้อยละ 15 – 20 ของกลุ่มที่ศึกษาทั้งหมด

4.4 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

1) สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพของเครื่องมือ

ค่าดัชนีความสอดคล้อง ความตรงเชิงเนื้อหา รวมทั้งความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2543: 174) ซึ่งใช้ในการพิจารณาและตรวจสอบเครื่องมือในการวิจัย ดังนี้ 1) รูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER 2) แผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เซลล์และการแบ่งเซลล์ 3) แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ 4) แบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับตัวอย่างแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ 5) แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

2) สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

2.1) ค่าคะแนนเฉลี่ยแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

2.2) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

2.3) สถิติทดสอบที (t-test for dependent samples) ใช้ในการทดสอบสมมติฐานข้อ 1 และ ข้อ 2

2.4) ค่าความถี่และค่าร้อยละของกลุ่มที่ศึกษา ตามกลุ่มแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ และตามกลุ่มความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ขั้นตอนที่ 5: การวิเคราะห์ข้อมูล

ผลจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เซลล์และการแบ่งเซลล์ เป็นการเปรียบเทียบการวิเคราะห์แนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับเซลล์และการแบ่งเซลล์ และความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาก่อนและหลังจากการจัดการเรียนรู้ ซึ่งมีรายละเอียดของการวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ ดังนี้

5.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับเซลล์และการแบ่งเซลล์ ผู้วิจัยดำเนินการ ดังนี้

1) วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับเซลล์และการแบ่งเซลล์ โดยการวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) ซึ่งประกอบด้วย 5 กระบวนการ คือ การจัดเตรียมข้อมูล การแตกข้อมูลออกเป็นส่วนย่อย การให้รหัสข้อมูลส่วนย่อย การจัดหมวดหมู่ของข้อมูลส่วนย่อย และการตั้งชื่อหมวดหมู่ข้อมูล (สถาบันวิทยาศาสตร์ สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา; 2555: 90 - 99) ดังนี้ อักษร S แทน นักเรียน ตัวเลข แทน ลำดับที่ของนักเรียน ยกตัวอย่างเช่น S07 หมายถึง นักเรียนคนที่ 7 เป็นต้น จากนั้นจัดกลุ่มแนวคิดของนักเรียนออกเป็น 5 กลุ่ม ตามแนวทางการจัดกลุ่มแนวคิดของ เวสต์บรูกและมาเรค (Westbrook; & Marek. 1992) ซึ่งมีรายละเอียดของแนวทางการจัดกลุ่ม ดังตาราง 19

2) หาค่าความถี่และค่าร้อยละของนักเรียนที่อยู่ในแต่ละกลุ่มแนวคิดทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ คัดเลือกคำพูดหรือข้อความที่นักเรียนแสดงออกถึงการมีแนวคิดเกี่ยวกับเซลล์และการแบ่งเซลล์ในแต่ละกลุ่มแนวคิด ไว้เป็นตัวอย่างประกอบการนำเสนอข้อมูล

3) วิเคราะห์ข้อมูลแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์จากแบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับตัวอย่างแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ และอนุทินของนักเรียน โดยใช้หลักการวิเคราะห์เนื้อหา เช่นเดียวกันกับการวิเคราะห์เนื้อหาในแบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ และคัดเลือกคำพูดหรือข้อความที่นักเรียนแสดงออกถึงการมีแนวคิดเกี่ยวกับเซลล์และการแบ่งเซลล์ในแต่ละกลุ่มแนวคิด ไว้เป็นตัวอย่างประกอบการนำเสนอข้อมูล

4) นำผลจากการวิเคราะห์และการจัดกลุ่มแนวคิดส่งให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา จำนวน 1 ท่าน ตรวจสอบผลการตีความข้อมูลของผู้วิจัย เพื่อเป็นการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของผลการวิจัยที่ได้ (ลือชา ลดาชาติ; และลฎาภา สุทรกุล. 2555)

5) เมื่อตรวจสอบผลการตีความข้อมูลโดยผู้เชี่ยวชาญเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยกำหนดคะแนนให้กับแต่ละกลุ่มแนวคิด ดังระดับคะแนนในตาราง 19

ตาราง 19 กลุ่มแนวคิด แนวทางการจัดกลุ่ม และระดับคะแนน

กลุ่มแนวคิด	แนวทางการจัดกลุ่ม	ระดับคะแนน
แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (Scientific conception: SC)	คำอธิบายทั้งหมดของนักเรียนสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นที่ยอมรับในปัจจุบัน	4
แนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (Partial scientific conception: PC)	คำอธิบายของนักเรียนสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นที่ยอมรับในปัจจุบันเพียงบางส่วน และไม่มีคำอธิบายที่ผิดจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์	3
แนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial scientific conception with misconception: PC/MC)	คำอธิบายของนักเรียนบางส่วนสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นที่ยอมรับในปัจจุบัน แต่บางส่วนผิดไปจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์	2
แนวคิดคลาดเคลื่อน (Misconception: MC)	คำอธิบายของนักเรียนไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นที่ยอมรับในปัจจุบัน	1
ไม่มีแนวคิดหรือไม่ตอบคำถาม (NO conception: NC)	นักเรียนไม่ได้ตอบคำถาม หรือนักเรียนตอบว่าไม่เข้าใจคำถาม นักเรียนตอบทวนคำถาม	0

5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

1) วิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จากแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยวิเคราะห์คำตอบซึ่งนักเรียนเขียนอธิบายเป็นการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) ซึ่งประกอบด้วย 5 กระบวนการ คือ การจัดเตรียมข้อมูล การแตกข้อมูลออกเป็นส่วนย่อย การให้รหัสข้อมูลส่วนย่อย การจัดหมวดหมู่ของข้อมูลส่วนย่อย และการตั้งชื่อหมวดหมู่ข้อมูล (สถาบันวิทยาศาสตร์ สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา; 2555: 90 - 99) ดังนี้ อักษร S แทน นักเรียน ตัวเลข แทน ลำดับที่ของนักเรียน ยกตัวอย่างเช่น S11 หมายถึง นักเรียนคนที่ 11 เป็นต้น จากนั้นจัดกลุ่มความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนออกเป็น 3 กลุ่มตามแนวทางของ คีส์ และลีเดอร์แมน (Khishfe; & Lederman. 2006) รายละเอียดดังตาราง 20

2) หาค่าความถี่และค่าร้อยละของนักเรียนที่อยู่ในแต่ละกลุ่มระดับความเข้าใจ ทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ และคัดเลือกคำพูดหรือข้อความที่นักเรียนแสดงออกถึงการมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ในแต่ละกลุ่มความเข้าใจไว้เป็นตัวอย่างประกอบการนำเสนอข้อมูล

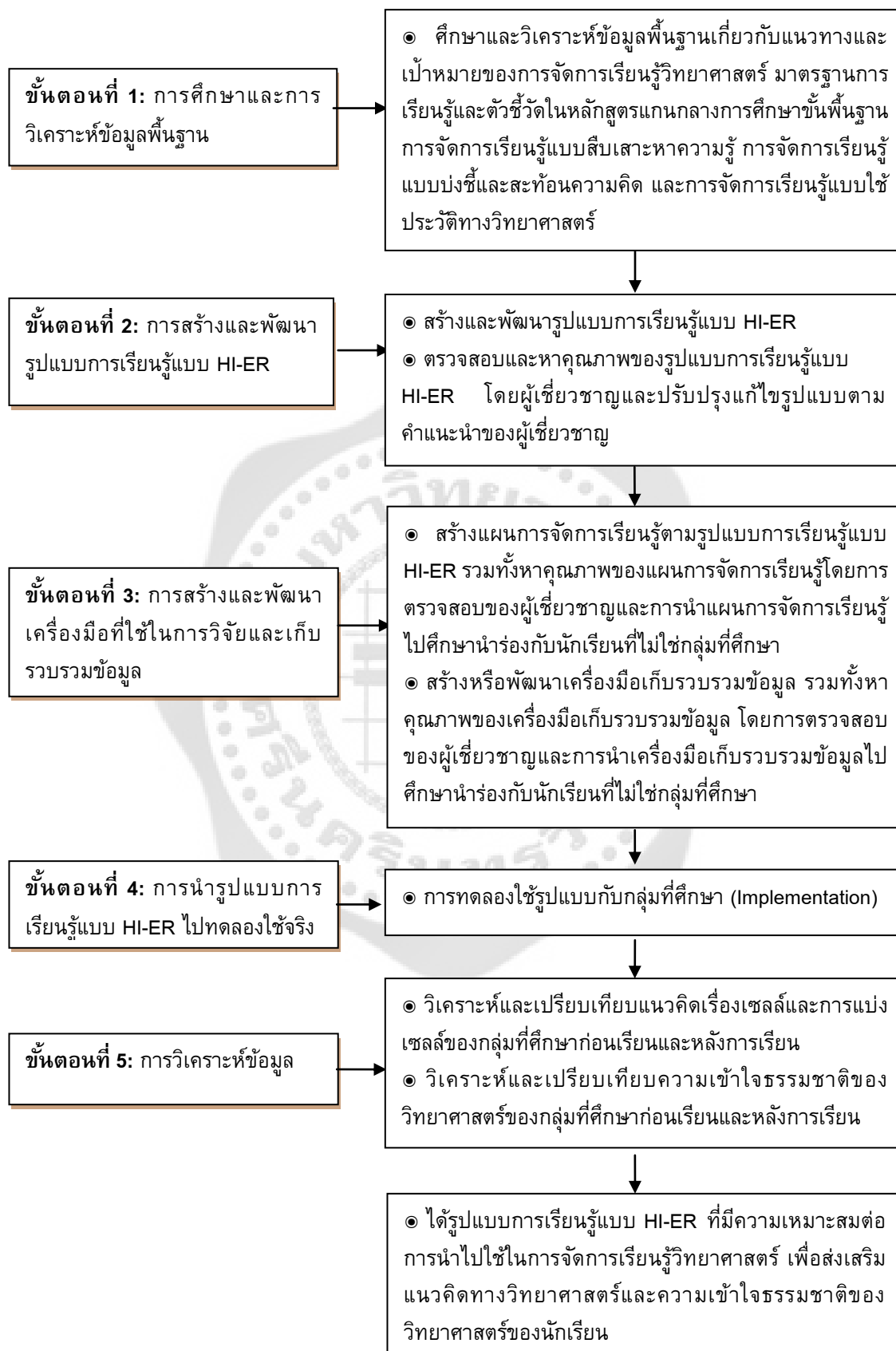
3) วิเคราะห์เนื้อหาจากแบบสัมภาษณ์ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และ
 อนุทินของนักเรียน โดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหาซึ่งมีหลักการเช่นเดียวกับการวิเคราะห์เนื้อหาจาก
 แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และคัดเลือกคำพูดหรือข้อความที่นักเรียนแสดงออก
 ถึงการมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ตามแต่ละกลุ่มความเข้าใจไว้เป็นตัวอย่าง
 ประกอบการนำเสนอข้อมูล

4) นำผลจากการวิเคราะห์และการจัดกลุ่มความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ส่งให้
 ผู้เชี่ยวชาญด้านธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน ตรวจสอบผลการตีความของผู้วิจัย เพื่อ
 เป็นการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของผลการวิจัยที่ได้ (ลือชา ลดาชาติ; และลฎาภา สุทรกุล. 2555)

5) เมื่อตรวจสอบผลการตีความข้อมูลโดยผู้เชี่ยวชาญเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยกำหนด
 คะแนนให้กับแต่ละกลุ่มความเข้าใจ ดังระดับคะแนนในตาราง 20

ตาราง 20 กลุ่มความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ แนวทางการจัดกลุ่ม และระดับคะแนน

กลุ่มความเข้าใจ	แนวทางการจัดกลุ่ม	ระดับคะแนน
ความเข้าใจสอดคล้องกับม ติ ประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (Informed)	คำอธิบายของนักเรียนสอดคล้องกับลักษณะ ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นที่ยอมรับใน ปัจจุบันทั้งหมด	3
ความเข้าใจในระย ะปรับเปลี่ยน (Transitional)	คำอธิบายของนักเรียนสอดคล้องกับลักษณะ ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นที่ยอมรับใน ปัจจุบันบางส่วนแต่ไม่ครบถ้วนทั้งหมด และ คำอธิบายของนักเรียนสอดคล้องกับลักษณะ ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นที่ยอมรับใน ปัจจุบันบางส่วนและไม่สอดคล้องกับลักษณะ ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นที่ยอมรับใน ปัจจุบันบางส่วน	2
ความเข้าใจไม่สอดคล้องกับ ม ติ ป ระ ช า ค ม ท า ง วิทยาศาสตร์ (Naive)	คำอธิบายของนักเรียนไม่สอดคล้องกับลักษณะ ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นที่ยอมรับใน ปัจจุบันทั้งหมด	1
ไม่มีความเข้าใจ ไม่ตอบ คำถาม ตอบทวนคำถาม	ไม่ตอบคำถาม ตอบทวนคำถาม คำตอบไม่ แสดงถึงความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (NO understanding)	0



ภาพประกอบ 3 ขั้นตอนการดำเนินการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การนำเสนอผลการวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER เพื่อส่งเสริมแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยขอเสนอผลการวิจัยตามคำถามการวิจัย ดังนี้

1. รูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER มีลักษณะเป็นอย่างไร
2. รูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER มีผลต่อแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์และการแบ่งเซลล์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หรือไม่ อย่างไร
3. รูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER มีผลต่อความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หรือไม่ อย่างไร

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลและแปลความหมาย เพื่อความเข้าใจตรงกันผู้วิจัยขอเสนอสัญลักษณ์ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

N	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มที่ศึกษา
$\bar{X}_1$	แทน	คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนก่อนเรียน
$\bar{X}_2$	แทน	คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนหลังเรียน
S.D.	แทน	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
t	แทน	ค่าสถิติที่ใช้ในการพิจารณาการแจกแจง
p	แทน	ค่าความน่าจะเป็น
k	แทน	คะแนนเต็มของแบบวัด
*	แทน	ความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1. ลักษณะของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ การจัดการเรียนรู้แบบบ่งชี้และสะท้อนความคิด และการจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์ พบว่าแต่ละแนวทางสามารถช่วยส่งเสริมการมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ควบคู่ไปกับการเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ยังตามพบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยไม่มีการบ่งชี้และสะท้อนความคิดต่อลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ยังไม่สามารถพัฒนาหรือส่งเสริมให้นักเรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้อย่างสอดคล้องกับมิติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (Bybee et al. 2006; Khishfe; & Abd El-Khalick. 2002; Schwartz; Lederman; & Crawford. 2004) การจะส่งเสริมให้นักเรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างสอดคล้องกับมิติประชาคมทางวิทยาศาสตร์นั้น ต้องใช้การจัดการเรียนรู้แบบบ่งชี้และสะท้อนความคิด โดย

นักเรียนได้รับการบ่งชี้ให้เรียนรู้ลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และสะท้อนความคิดต่อลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่เรียนรู้ (Bell; Matkins; & Gansneder. 2011; Chamrat. 2009; Khishfe; & Lederman. 2006; Khishfe. 2008; Liangkriilas. 2009; Limpanont. 2011) จากงานวิจัยพบว่า บางลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ซึ่งเกี่ยวข้องกับกิจการทางวิทยาศาสตร์ (AAAS. 1993) คือ ด้านวิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมทางสังคม และด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมมีผลกระทบซึ่งกันและกัน จัดว่าเป็นลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ยากต่อการทำความเข้าใจของนักเรียน หากขาดการเชื่อมโยงให้นักเรียนเห็นถึงบริบทจริงทางสังคมที่มีผลต่อการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ผลกระทบของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต่อคนในสังคม รวมทั้งบทบาทของเทคโนโลยีต่อการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์และต่อชีวิตคนในสังคมนั้น (สิรินภา กิจเกื้อกูล. 2555; สิรินภา กิจเกื้อกูล; นฤมล ยุตะคม; และ อรุณี อิงคกุล. 2548; Bell et al. 2003) ด้วยเหตุนี้ การจะส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ดังกล่าวมากยิ่งขึ้น ควรเป็นจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์ (สิรินภา กิจเกื้อกูล. 2555; Reid-Smith. 2013) ซึ่งนักเรียนเกิดความสนใจหรือได้รับการสร้างความสนใจต่อประวัติทางวิทยาศาสตร์ สามารถรวมอภิปรายและสะท้อนความคิดต่อลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จากประวัติทางวิทยาศาสตร์นั้น (สิรินภา กิจเกื้อกูล. 2555; Limpanont. 2011) หรือนักเรียนสืบเสาะหาความรู้จากประวัติทางวิทยาศาสตร์ โดยทำการศึกษา ค้นคว้าทดลองเลียนแบบนักวิทยาศาสตร์ แล้วสามารถรวมอภิปรายและสะท้อนความคิดต่อลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จากประวัติทางวิทยาศาสตร์เหล่านั้นได้ (สิรินภา กิจเกื้อกูล. 2555; Chamrat. 2009; Dass. 2005; Liangkriilas. 2009; Limpanont. 2011)

รูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER สร้างและพัฒนาขึ้นจากการผสมผสานแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีการสร้างความรู้ 3 วิธีการ อันได้แก่ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ การจัดการเรียนรู้แบบบ่งชี้และสะท้อนความคิด และการจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้การเรียนรู้แนวคิดวิทยาศาสตร์และธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยหลักการของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER คือ มีการสร้างความสนใจในการเรียนรู้ให้กับนักเรียน มีการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน มีการนำประวัติทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเกี่ยวข้องกับเนื้อหาบทเรียนมาให้นักเรียนได้เรียนรู้อย่างเป็นรูปธรรม โดยประวัติทางวิทยาศาสตร์ที่มีลักษณะเป็นประเด็นทางวิทยาศาสตร์กับสังคมนำมาสร้างความสนใจให้กับนักเรียน และประวัติทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับพัฒนาการของการศึกษาค้นคว้าหรือการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นำมาใช้กระตุ้นการเรียนรู้โดยการสืบเสาะหาความรู้ หรือนำมาใช้เป็นแนวทางในการศึกษา ค้นคว้า ทดลองเลียนแบบนักวิทยาศาสตร์ในประวัติทางวิทยาศาสตร์นั้น นอกจากนี้ นักเรียนต้องใช้ทักษะการคิดร่วมกับกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ทั้งสังเกต ตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ เปรียบเทียบ จัดจำแนก ทดลอง สืบเสาะหาตรวจสอบ เก็บรวบรวมข้อมูล สร้างคำอธิบาย เชื่อมโยงคำอธิบายกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นที่ยอมรับในปัจจุบัน สื่อสารและนำเสนอคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้น รวมทั้งเปิดโอกาสให้นักเรียนรวมอภิปรายถึงแนวคิดทาง

วิทยาศาสตร์จากกิจกรรมการเรียนรู้และประวัติทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนมีการใช้คำถามให้นักเรียนได้สะท้อนความคิดต่อลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ซึ่งมีการบ่งชี้ให้เรียนรู้ ซึ่งหลักการของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER ได้ปรับปรุงมาจากฉบับร่างในบทที่ 3 ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ดังนั้น การนำประวัติทางวิทยาศาสตร์มาบูรณาการในเนื้อหาบทเรียน ต้องมีการเรียงลำดับ แสดงความต่อเนื่องของประวัติทางวิทยาศาสตร์ตามระยะเวลา เพื่อป้องกันการเกิดแนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียนจากการเรียนรู้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในประวัติทางวิทยาศาสตร์

สำหรับวัตถุประสงค์ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้กระบวนการเรียนรู้ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1: การสร้างความสนใจและการตรวจสอบความรู้เดิม (Engagement and Elicitation) มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้นักเรียนมีความสนใจต่อคำถามทางวิทยาศาสตร์และมีการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนทั้งในส่วนของแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ครูสามารถวิเคราะห์ความรู้เดิมของนักเรียนและระบุแนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียนได้ กิจกรรมการเรียนรู้เน้นการสร้าง ความสนใจในการเรียนรู้ให้กับนักเรียน โดยให้นักเรียนดู ฟัง สัมผัส สื่อการเรียนรู้ต่างๆ ทั้งตัวอย่างของจริง ตัวอย่างรูปภาพ วิดีทัศน์ หรือประวัติทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเกี่ยวข้องกับเนื้อหาบทเรียน จากนั้นมีการใช้คำถามทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้นักเรียนได้แสดงแนวคิดเดิม มีการแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ให้กับนักเรียนเพื่อเป็นการบ่งชี้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์และลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนต้องเรียนรู้ และเน้นให้นักเรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มแบบความสามารถและตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับสิ่งที่ต้องเรียนรู้ ซึ่งในขั้นนี้มีการปรับปรุงจากฉบับร่างในบทที่ 3 เพราะได้ปรับการจัดกลุ่มนักเรียนในการทำกิจกรรมการเรียนรู้จากเดิมเป็นการจัดกลุ่มนักเรียนตามความสมัครใจเปลี่ยนเป็นการจัดกลุ่มนักเรียนแบบความสามารถตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ นอกจากนี้จากการศึกษานำร่องพบว่า ในการบ่งชี้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์และลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้นักเรียนได้เรียนรู้ต้องทำอย่างเป็นลายลักษณ์อักษร คือ มีการพิมพ์จุดประสงค์การเรียนรู้แจกให้กับนักเรียนเพื่อความชัดเจน การนำประวัติทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการสร้างความสนใจให้กับนักเรียนต้องมีลักษณะเป็นรูปธรรมหรือเป็นเอกสารให้นักเรียนได้อ่าน ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองมากกว่าการบอกเล่าของครูเพียงอย่างเดียว และควรมีการกำหนดระยะเวลาในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสม

ขั้นที่ 2 : การสืบเสาะ (Inquiry) มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้นักเรียนให้ความสำคัญกับหลักฐานที่จะนำมาใช้ในการตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ กิจกรรมการเรียนรู้เน้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันพิจารณาและปรับปรุงคำถามทางวิทยาศาสตร์ซึ่งนักเรียนตั้งขึ้นในขั้นที่ 1 และวางแผนการตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่ตั้งไว้ นักเรียนต้องใช้ทักษะการคิดร่วมกับการสังเกต เปรียบเทียบ จัดจำแนก ทดลอง สืบเสาะตรวจสอบ และกระบวนการสืบเสาะหาความรู้อื่นๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งหลักฐานที่จะใช้ในการสร้างคำอธิบายหรือตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้สื่อการเรียนรู้

และแหล่งเรียนรู้ทั้งส่วนที่ครูเป็นผู้เตรียมให้กับนักเรียนและส่วนที่นักเรียนต้องสืบเสาะหาเพิ่มเติมด้วยตนเอง ซึ่งสื่อการเรียนรู้ที่ครูเตรียมอาจมีประวัติทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาบทเรียนรวมอยู่ด้วย ทั้งนี้เพื่อให้นักเรียนได้สืบเสาะหาความรู้จากประวัติทางวิทยาศาสตร์ หรือได้ทำการศึกษา สังเกต ทดลอง หรือสำรวจ เลียนแบบนักวิทยาศาสตร์ในประวัติทางวิทยาศาสตร์นั้น ซึ่งในขั้นนี้มีการปรับปรุงจากฉบับร่างในบทที่ 3 โดยได้ปรับบทบาทหน้าที่ของนักเรียนโดยให้นักเรียนร่วมกันพิจารณาและปรับปรุงคำถามที่ตั้งไว้ในขั้นการสร้างความสนใจและการตรวจสอบความรู้เดิม เพื่อให้เป็นคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถสืบเสาะหาความรู้ได้ ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ นอกจากนี้จากการศึกษานำร่องพบว่า ต้องมีการพิจารณาปรับระยะเวลาในขั้นนี้ให้เหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนต้องทำ และมีการเรียงลำดับกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสม

ขั้นที่ 3 : การอธิบาย (Explanation) มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้นักเรียนสร้างคำอธิบายของตนเองและเชื่อมโยงเข้ากับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ กิจกรรมการเรียนรู้เน้นให้นักเรียนนำหลักฐานซึ่งรวบรวมได้จากขั้นที่ 2 มาสร้างคำอธิบายหรือคำตอบของคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนตั้งไว้ตลอดจนต้องเชื่อมโยงคำอธิบายที่สร้างขึ้นกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นที่ยอมรับในปัจจุบัน ในขั้นนี้ไม่มีการปรับปรุงจากฉบับร่างในบทที่ 3 เพราะผู้เชี่ยวชาญไม่มีข้อเสนอแนะเพิ่มเติม แต่จากการศึกษานำร่องพบว่าควรมีการกำหนดระยะเวลาในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสม

ขั้นที่ 4: การอภิปราย (Discussion) มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้นักเรียนเปรียบเทียบคำอธิบายของตนเองกับคำอธิบายของเพื่อนร่วมชั้นเรียนและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นที่ยอมรับในปัจจุบัน รวมทั้งสื่อสารและตัดสินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้น กิจกรรมการเรียนรู้เน้นให้นักเรียนนำเสนอคำอธิบายหรือคำตอบของคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนตั้งไว้ มีการเปิดโอกาสให้เพื่อนร่วมชั้นเรียนและครูได้ซักถามในประเด็นที่สงสัยเพิ่มเติม มีการใช้คำถามทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์จากกิจกรรมการเรียนรู้และจากประวัติทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย แสดงความคิดเห็น และได้แย้งเชิงเหตุผล ในขั้นนี้ไม่มีการปรับปรุงจากฉบับร่างในบทที่ 3 เพราะผู้เชี่ยวชาญไม่มีข้อเสนอแนะเพิ่มเติม แต่จากการศึกษานำร่องพบว่า ควรมีการกำหนดระยะเวลาในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสม

ขั้นที่ 5: การสะท้อนความคิดต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (NOS Reflection) มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้นักเรียนสะท้อนความคิดต่อลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ซึ่งได้รับการบ่งชี้ให้เรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้เน้นการใช้คำถามให้นักเรียนได้สะท้อนความคิดร่วมกันในระดับชั้นเรียนต่อลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนต้องตอบคำถาม แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับลักษณะธรรมชาติธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ซึ่งนักเรียนได้เรียนรู้จากกิจกรรมการเรียนรู้และจากประวัติทางวิทยาศาสตร์ และเน้นให้นักเรียนเขียนอนุทินเป็นการสะท้อนความคิดของตนเองในระดับบุคคล ซึ่งในขั้นนี้แม้จะไม่มีการปรับปรุงจากฉบับร่างในบทที่ 3 แต่ผู้เชี่ยวชาญได้ให้ข้อเสนอแนะว่า การเขียนอนุทินของนักเรียนได้เพิ่มหัวข้อที่การเขียนถึงสิ่งที่นักเรียนอยากเรียนรู้

เพิ่มเติมและความรู้สึกที่มีต่อบรรยากาศการเรียนรู้ นอกจากนี้จากการศึกษานำร่องก็พบว่า ในการถามคำถามของครู นอกจากครูจะใช้คำถามหลักกับนักเรียนเพื่อให้นักเรียนสะท้อนความคิดต่อลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนได้เรียนรู้แล้ว ครูต้องใช้คำถามย่อยหรือคำถามเพื่อเชื่อมโยงหรือกระตุ้นให้นักเรียนสามารถสะท้อนความคิดต่อลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่รับการปั่งชี้ให้เรียนรู้ครบทุกลักษณะ และควรมีการกำหนดระยะเวลาในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสม

2. ผลของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER ที่มีต่อแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์และการแบ่งเซลล์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

จากการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ในภาพรวมของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER โดยใช้แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ ซึ่งผลการเปรียบเทียบมีรายละเอียด ดังตาราง 21

ตาราง 21 คะแนนเฉลี่ยแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ในภาพรวมของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา ก่อนและหลังเรียนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER

สิ่งที่ศึกษา	N	k	ก่อนเรียน		หลังเรียน		t	P-value
			$\bar{X}_1$	S.D.	$\bar{X}_2$	S.D.		
แนวคิดทางวิทยาศาสตร์	75	28	10.47	3.18	22.85	2.06	- 31.51	.0.000

*p< .05

จากตาราง 21 พบว่า ก่อนเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER นักเรียนมีค่าคะแนนเฉลี่ยของแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ เท่ากับ 10.47 และมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.18 แต่หลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER นักเรียนมีค่าคะแนนเฉลี่ยของแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ เท่ากับ 22.85 และมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.06 ซึ่งแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ทั้งนี้ผู้วิจัยขอเสนอรายละเอียดของความถี่และร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่มแนวคิดย่อยในเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ ดังตาราง 22

ตาราง 22 ความถี่และร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่มแนวคิด

แนวคิด เรื่อง	ความถี่และร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่มแนวคิด									
	SC		PC		PC/MC		MC		NC	
	ก่อน เรียน	หลัง เรียน	ก่อน เรียน	หลัง เรียน	ก่อน เรียน	หลัง เรียน	ก่อน เรียน	หลัง เรียน	ก่อน เรียน	หลัง เรียน
1	4 (5.33)	46 (61.33)	11 (14.67)	18 (24.00)	58 (77.33)	11 (14.67)	2 (2.67)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)
2	0 (0.00)	1 (1.33)	10 (13.33)	22 (29.33)	59 (78.67)	52 (69.33)	3 (4.00)	0 (0.00)	3 (4.00)	0 (0.00)
3	0 (0.00)	11 (14.67)	0 (0.00)	50 (66.67)	19 (25.33)	14 (18.67)	27 (36.00)	0 (0.00)	29 (38.67)	0 (0.00)
4	0 (0.00)	50 (66.67)	5 (6.67)	22 (29.33)	6 (8.00)	1 (1.33)	46 (61.33)	2 (2.67)	18 (24.00)	0 (0.00)
5	0 (0.00)	49 (65.33)	29 (38.67)	23 (30.67)	27 (36.00)	3 (4.00)	7 (9.33)	0 (0.00)	12 (16.00)	0 (0.00)
6	1 (1.33)	38 (50.67)	22 (28.00)	29 (38.67)	18 (24.00)	7 (9.33)	11 (14.67)	1 (1.33)	24 (32.00)	0 (0.00)
7	1 (1.33)	46 (61.33)	1 (1.33)	18 (24.00)	16 (22.33)	11 (14.67)	35 (46.67)	0 (0.00)	22 (29.33)	0 (0.00)
รวม	0.86 (1.14)	34.43 (45.90)	11.14 (14.67)	26.00 (34.67)	29.00 (38.81)	14.14 (18.86)	18.71 (24.95)	0.43 (0.57)	15.43 (20.57)	0.00 (0.00)

หมายเหตุ : SC : Scientific Conceptions; PC : Partial Scientific Conceptions, PC/MC : Partial Scientific Conceptions with Misconceptions, MC : Misconceptions, NC: No answer or No Conception

1: ความหมายของเซลล์, 2: โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์, 3: การสื่อสารระหว่างเซลล์, 4: การเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์, 5: การชราภาพของเซลล์, 6: การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส, 7: การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส

จากตาราง 22 แสดงให้เห็นว่า ผลของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER ที่มีต่อการส่งเสริมแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ ทำให้จำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มแนวคิดในแนวคิดเรื่องต่างๆ ก่อนเรียนและหลังเรียนมีความแตกต่างกัน โดยพบว่า ในภาพรวมหลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER จำนวนนักเรียนในกลุ่มที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (SC) และกลุ่มที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (PC) เพิ่มขึ้น ส่วนจำนวนนักเรียนในกลุ่มที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC/MC) และกลุ่มที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (MC) รวมทั้งกลุ่มที่ไม่มีแนวคิด (NC) มีจำนวนลดลงอย่างชัดเจน

ทั้งนี้ก่อนเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER เรื่องที่นักเรียนส่วนใหญ่ไม่มีแนวคิด (NC) ได้แก่ การสื่อสารระหว่างเซลล์ (ร้อยละ 38.67) การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (ร้อยละ 32.00) และมีแนวคิดคลาดเคลื่อน (MC) มากที่สุด ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์ (ร้อยละ 61.33) การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส (ร้อยละ 46.67) นอกจากนี้นักเรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC/MC) มากที่สุดในเรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ (ร้อยละ 78.67) รองลงมา คือ ความหมายของเซลล์ (ร้อยละ 77.33) และมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (PC) ในเรื่อง การชราภาพของเซลล์ (ร้อยละ 38.67)

แต่หลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER นักเรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (SC) มากที่สุดในเรื่อง การเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์ (ร้อยละ 66.67) รองลงมาคือ การชราภาพของเซลล์ (ร้อยละ 65.33) ความหมายของเซลล์ (ร้อยละ 61.33) กับ การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส (ร้อยละ 61.33) มีจำนวนเท่ากัน จากนั้นคือ การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (ร้อยละ 50.67) การสื่อสารระหว่างเซลล์ (ร้อยละ 14.67) และโครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ (ร้อยละ 1.33) ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (PC) มากที่สุดในเรื่อง การสื่อสารระหว่างเซลล์ (ร้อยละ 66.67) และมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC/MC) มากที่สุดในแนวคิดเรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ (ร้อยละ 69.33) อย่างไรก็ตามยังมีนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (MC) ในแนวคิดเรื่อง การเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์ (ร้อยละ 2.67) และการชราภาพของเซลล์ (ร้อยละ 1.33)

สำหรับรายละเอียดผลของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER ที่มีต่อการส่งเสริมแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละแนวคิดย่อยเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ ผู้วิจัยขอเสนอในลักษณะตารางประกอบความเรียง ซึ่งการพิจารณาแนวคิดของนักเรียนจะพิจารณาจากการตอบคำถามในแบบวัดแนวคิดเป็นหลัก ทั้งนี้ในการนำเสนอตัวอย่างแนวคิดของนักเรียนในแต่ละกลุ่มแนวคิดได้มีการพิจารณาข้อมูลเพิ่มเติมจากการสัมภาษณ์แนวคิดโดยใช้ตัวอย่างกับอนุทินของนักเรียนมาประกอบ อย่างไรก็ตามอนุทินของนักเรียนจะมีเฉพาะส่วนหลังเรียนเท่านั้น ดังนี้

1. แนวคิดเรื่องความหมายของเซลล์

แนวคิดเรื่องนี้ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนอธิบายความหมายของเซลล์พร้อมทั้งระบุภาพระดับเซลล์ของสิ่งมีชีวิตทั้งนี้ (ภาพระดับเซลล์ คือ ภาพอะมีบา (A) และภาพเซลล์พืช (C) เท่านั้น ส่วนภาพใบไม้ (B) ภาพระดับอวัยวะหรือโครงสร้างของร่างกาย และภาพดั่งปีกแข็ง (D) ภาพระดับสิ่งมีชีวิต) ซึ่งตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อธิบายว่า “เซลล์ คือ หน่วยโครงสร้างพื้นฐานที่เล็กที่สุดของสิ่งมีชีวิต ที่มีการจัดระบบการทำงานภายในโครงสร้าง” และภาพตัวอย่างเซลล์ของสิ่งมีชีวิต คือ ภาพอะมีบา (A) และภาพเซลล์พืช (C) ผลปรากฏว่าก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER จำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มแนวคิดแตกต่างกัน ดังตาราง 23

ตาราง 23 ความถี่และร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่มแนวคิดเรื่องความหมายของเซลล์ (n=75)

คะแนน	กลุ่มแนวคิด	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)	
		ก่อนเรียน	หลังเรียน
0	ไม่มีแนวคิด ไม่ตอบคำถาม ตอบทวนคำถาม (NC)	0 (0.00)	0 (0.00)
1	แนวคิดคลาดเคลื่อน (MC)	2 (2.67)	0 (0.00)
2	แนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC/MC)	58 (77.33)	11 (14.67)
3	แนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (PC)	11 (14.67)	18 (24.00)
4	แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (SC)	4 (5.33)	46 (61.33)
รวม		75 (100.00)	75 (100.00)

หมายเหตุ: SC : Scientific Conceptions; PC : Partial Scientific Conceptions, PC/MC : Partial Scientific Conceptions with Misconceptions, MC : Misconceptions, NC: No answer or No Conception

จากตาราง 23 แสดงให้เห็นว่า ก่อนเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 77.33) มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC/MC) จากการพิจารณาคำตอบของนักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุภาพระดับเซลล์ของสิ่งมีชีวิตได้ถูกต้อง คือ ภาพ A และภาพ C แต่ก็อธิบายความหมายของเซลล์คลาดเคลื่อนว่า เซลล์ คือ สิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่อยู่ในสิ่งมีชีวิตทุกชนิด ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

“(เซลล์ คือ) สิ่งมีชีวิตที่มีขนาดเล็กที่อยู่ในสิ่งมีชีวิตทุกชนิด / ภาพ A คือ การขยายขนาดของกล้องจุลทรรศน์เท่ากับ 400×10^{-8} ส่องดูใบ และภาพ C คือ เซลล์พืชที่มีลักษณะผนังเซลล์รูปร่างคล้ายตาราง” (S401: แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

“(เซลล์ คือ) สิ่งมีชีวิตที่เล็กที่สุด / ภาพ C เพราะมีชั้นผิวหนึ่งของเซลล์มีหลายๆ เซลล์ โดยดูที่รูปร่างของเซลล์” (S413: แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

นักเรียนบางส่วนสามารถระบุภาพระดับเซลล์ได้ถูกต้อง แต่ก็เข้าใจว่า เซลล์ คือ สิ่งเล็กๆ ในร่างกายสิ่งมีชีวิต ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

“(เซลล์ คือ) สิ่งเล็กๆ ที่อาศัยอยู่ในร่างกายสิ่งมีชีวิต เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดเล็ก / ภาพ A มีนิวเคลียส จำเป็นต้องมีเซลล์ และภาพ C มีผนังเซลล์และมีเซลล์” (S451: แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

นอกจากนี้ยังมีนักเรียนบางคนเข้าใจว่า เซลล์ คือ อนุภาคขนาดเล็ก และระบุว่าทุกภาพเป็นเซลล์ หรือระบุเฉพาะภาพ C และมีเพียง 1 คนเท่านั้นที่เข้าใจว่า เซลล์ คือ โมเลกุลขนาดเล็ก อีกทั้งระบุว่าทุกภาพเป็นภาพเซลล์ อย่างไรก็ตามบางคนก็อธิบายว่า เซลล์ คือ หน่วยของสิ่งมีชีวิตที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า และระบุว่าภาพ A เป็นภาพเซลล์อสุจิ และภาพ C เป็นภาพเซลล์พืช

อย่างไรก็ตามนักเรียนร้อยละ 14.67 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (PC) โดยนักเรียนส่วนใหญ่ในกลุ่มนี้มีความเข้าใจถูกต้องว่า เซลล์เป็นหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต แต่นักเรียนไม่ระบุว่าภาพใดเป็นภาพระดับเซลล์ หรือระบุเฉพาะภาพ C เป็นภาพระดับเซลล์ของสิ่งมีชีวิต หรือนักเรียนบางส่วนอธิบายว่า เซลล์ คือ สิ่งที่มีอยู่ในสิ่งมีชีวิตทำหน้าที่แตกต่างกัน และระบุภาพระดับเซลล์ คือ ภาพ A และ C หรืออธิบายว่า เซลล์ คือ หนึ่งหน่วยที่เล็กที่สุดของสิ่งมีชีวิต และระบุภาพระดับเซลล์เฉพาะภาพ C

อีกทั้งมีนักเรียนร้อยละ 5.33 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (SC) โดยสามารถบอกความหมายของเซลล์ได้อย่างถูกต้องและสามารถระบุได้ว่าภาพ A และ C เป็นภาพระดับเซลล์ของสิ่งมีชีวิต แต่ก็มีนักเรียนร้อยละ 2.67 มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (MC) โดยนักเรียนเข้าใจว่า เซลล์ คือ สิ่งมีชีวิตเล็กๆ มี 2 ชนิด เซลล์เดี่ยวและหลายเซลล์ หรือเข้าใจว่า เซลล์คือสิ่งมีชีวิตที่มีอยู่น้อยกว่าอะตอม ซึ่งนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนไม่ได้ระบุว่าภาพใดเป็นภาพระดับเซลล์ของสิ่งมีชีวิต

ทั้งนี้จากการสัมภาษณ์ก่อนเรียนตัวแทนนักเรียนที่ให้การสัมภาษณ์ยังคงมีแนวคิดคลาดเคลื่อนและมีความเข้าใจสับสนเกี่ยวกับความหมายของเซลล์และไม่สามารถอธิบายลักษณะสำคัญของเซลล์ได้ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

“เป็นสัตว์ชั้นต่ำ น่าจะไม่ใช่เซลล์ เหมือนพื้นรองเท้าน่าจะเป็นพารามีเซียม เซลล์เดี่ยวเพราะว่า สัตว์ชั้นต่ำไม่แน่ใจว่าเป็นยูคาริโอตหรือโพรคาริโอต ไม่แน่ใจว่าเกี่ยวไหม” (S423: การสัมภาษณ์แนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

“เห็นนิวเคลียสค่ะ ไม่ใช่เซลล์ค่ะ หนูว่า มันบอกไม่ได้ว่าเป็นเซลล์สัตว์หรือเซลล์พืช ผนังเซลล์เห็นแบบไม่แน่ใจค่ะ” (S446: การสัมภาษณ์แนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

หลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 61.33) มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (SC) โดยนักเรียนสามารถอธิบายได้ว่า เซลล์ คือ หน่วยโครงสร้างพื้นฐานที่เล็กที่สุดของสิ่งมีชีวิต และสามารถระบุได้ถูกต้องว่า ภาพ A และ C เป็นภาพระดับเซลล์ของสิ่งมีชีวิต ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

“(เซลล์ คือ) หน่วยโครงสร้างพื้นฐานที่เล็กที่สุดของสิ่งมีชีวิตที่มีระบบการทำงาน / ภาพ A และ C (ภาพตัวอย่าง A และ C) เพราะไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าได้จึงต้องใช้กล้องจุลทรรศน์เพื่อจะได้เห็นเซลล์” (S474: แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

“(เซลล์ คือ) หน่วยโครงสร้างพื้นฐานที่เล็กที่สุดของสิ่งมีชีวิตที่การทำงานเป็นระบบภายในโครงสร้างของเซลล์ / ภาพ A และ C เพราะมีเยื่อหุ้มเซลล์ ไซโทพลาสซึม และบางเซลล์มีนิวเคลียส” (S456: แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

“(เซลล์) เป็นหน่วยพื้นฐานที่เล็กที่สุดของสิ่งมีชีวิต ซึ่งมีหน้าที่ต่างๆของมัน / ภาพ A และ C คือ เซลล์ เพราะไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าได้จึงต้องใช้กล้องจุลทรรศน์” (S430: แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

อีกทั้งจากการพิจารณาอนุทินของนักเรียนของนักเรียนก็พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับความหมายของเซลล์ ดังตัวอย่างอนุทินของนักเรียนของนักเรียน เช่น

“สิ่งมีชีวิตทุกชนิดจะต้องมีเซลล์เป็นองค์ประกอบ และเซลล์แต่ละชนิดมีหน้าที่แตกต่างกันออกไป” (S407 อนุทินของนักเรียน : ความหมายของเซลล์)

“เซลล์เป็นหน่วยโครงสร้างพื้นฐานที่เล็กที่สุดของสิ่งมีชีวิต” (S466 อนุทินของนักเรียน : ความหมายของเซลล์)

“เซลล์เป็นหน่วยโครงสร้างพื้นฐานที่เล็กที่สุดของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ สิ่งมีชีวิตประกอบด้วยเซลล์เดียวหรือมากกว่าหนึ่งเซลล์ เซลล์เป็นหน่วยพื้นฐานที่มีการจัดระบบการทำงาน และเซลล์ทุกเซลล์เกิดขึ้นจากเซลล์เดิม” (S474 อนุทินของนักเรียน : ความหมายของเซลล์)

นอกจากนี้นักเรียนร้อยละ 24.00 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (PC) โดยนักเรียนเข้าใจถูกต้องว่า เซลล์เป็นหน่วยโครงสร้างที่เล็กที่สุดของสิ่งมีชีวิต แต่นักเรียนยังไม่สามารถระบุได้ครบถ้วนว่าภาพใดบ้างเป็นภาพเซลล์ของสิ่งมีชีวิต ทั้งนี้นักเรียนระบุว่าภาพ A หรือ ภาพ C อย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้นเป็นภาพระดับเซลล์ของสิ่งมีชีวิต ทั้งนี้จากการสัมภาษณ์นักเรียนโดยใช้ตัวอย่างตัวแทนนักเรียนที่ให้การสัมภาษณ์สามารถอธิบายได้ว่า ภาพแบคทีเรียเป็นภาพสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว และสามารถระบุถึงโครงสร้างและองค์ประกอบของเซลล์บางอย่างได้ แต่นักเรียนยังไม่สามารถอธิบายลักษณะสำคัญของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและหลายเซลล์ได้อย่างชัดเจน เช่น

“สิ่งมีชีวิตนี้เป็นเซลล์ค่ะ เพราะว่ามันมีผนังเซลล์ เป็นเซลล์ แล้วก็มีส่วนภายในค่ะ ทำให้รู้ว่าเป็นเซลล์ เซลล์เดี่ยวค่ะ (ทราบได้อย่างไรว่าเป็นเซลล์เดี่ยว) ดูจากรูปร่างลักษณะของเซลล์ค่ะ” (S422: การสัมภาษณ์แนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

ส่วนนักเรียนร้อยละ 14.67 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC/MC) โดยนักเรียนส่วนใหญ่ในกลุ่มนี้สามารถระบุได้ว่า ภาพใดบ้างเป็นภาพระดับเซลล์ของสิ่งมีชีวิต แต่ยังเข้าใจความหมายของเซลล์คลาดเคลื่อนว่า เซลล์ คือ สิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่มีอยู่ในร่างกายของสิ่งมีชีวิต หรือ เซลล์ คือ สิ่งมีชีวิตที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า นอกจากนี้ยังมีนักเรียนบางคนที่สามารถอธิบายความหมายของเซลล์ได้ถูกต้อง แต่เข้าใจคลาดเคลื่อนระบุว่าภาพ

A เป็นภาพของเซลล์สัตว์ อย่างไรก็ตามหลังเรียนไม่พบนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (MC) หรือไม่ตอบคำถาม (NC) ในเรื่องนี้

2. แนวคิดเรื่องโครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์

ในแนวคิดเรื่องนี้ คำถามได้ให้นักเรียนพิจารณาโครงสร้างที่แตกต่างกันในเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ พร้อมทั้งให้อธิบายหน้าที่ของผนังเซลล์ เยื่อหุ้มเซลล์ คลอโรพลาสต์ ไมโทคอนเดรีย เอนโดพลาสมิกเรติคูลัม และนิวเคลียส อีกทั้งระบุถึงออร์แกเนลล์ที่ไม่มีเยื่อหุ้มและมีเยื่อหุ้มชั้นเดียว ซึ่งแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อธิบายว่า “ผนังเซลล์เป็นโครงสร้างที่พบในเซลล์พืช ทำหน้าที่ปกป้องเซลล์ ทำให้เซลล์แข็งแรงและคงรูปร่างอยู่ได้ เยื่อหุ้มเซลล์เป็นเยื่อเลือกผ่าน (selective membrane) ยอมให้สารบางชนิดเท่านั้นผ่านเข้า – ออกได้ ทำหน้าที่ควบคุมการเข้า-ออกของสารให้กับเซลล์และรักษาสสมดุลของสารในเซลล์ คลอโรพลาสต์เป็นโครงสร้างที่พบในเซลล์พืชแต่ไม่พบในเซลล์สัตว์ และทำหน้าที่ในการสังเคราะห์ด้วยแสงเพื่อสร้างอาหารให้แก่เซลล์พืช ไมโทคอนเดรียทำหน้าที่สร้างหรือผลิตพลังงานให้แก่เซลล์ หากขาดไมโทคอนเดรียเซลล์จะขาดพลังงาน เอนโดพลาสมิกเรติคูลัมแบบผิวเรียบไม่มีไรโบโซมมาเกาะที่ผิว ทำหน้าที่สังเคราะห์ลิพิดและกำจัดสารพิษให้แก่เซลล์ แต่เอนโดพลาสมิกเรติคูลัมแบบผิวขรุขระมีไรโบโซมมาเกาะที่ผิวทำหน้าที่สังเคราะห์โปรตีนเพื่อส่งออกไปใช้นอกเซลล์ นิวเคลียสทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเซลล์และควบคุมการแบ่งเซลล์ และไรโบโซมเป็นออร์แกเนลล์ที่ไม่มีเยื่อหุ้ม แต่กอลจิ คอมเพล็กซ์ ไลโซโซม และแวคิวโอลต่างก็เป็นออร์แกเนลล์ที่มีเยื่อหุ้มชั้นเดียว” ผลปรากฏว่า ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER จำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มแนวคิดแตกต่างกัน ดังตาราง 24

ตาราง 24 ความถี่และร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่มแนวคิดเรื่องโครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ (ผนังเซลล์และเยื่อหุ้มเซลล์) (n=75)

คะแนน	กลุ่มแนวคิด	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)	
		ก่อนเรียน	หลังเรียน
0	ไม่มีแนวคิด ไม่ตอบคำถาม ตอบทวนคำถาม (NC)	3 (4.00)	0 (0.00)
1	แนวคิดคลาดเคลื่อน (MC)	3 (4.00)	0 (0.00)
2	แนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC/MC)	59 (78.67)	52 (69.33)
3	แนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (PC)	10 (13.33)	22 (29.33)
4	แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (SC)	0 (0.00)	1 (1.33)
รวม		75 (100.00)	75 (100.00)

หมายเหตุ: SC : Scientific Conceptions; PC : Partial Scientific Conceptions, PC/MC : Partial Scientific Conceptions with Misconceptions, MC : Misconceptions, NC: No answer or No Conception

จากตาราง 24 แสดงให้เห็นว่า ก่อนเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 78.67) มีแนวคิดว่าวิทยาศาสตร์บางส่วนและมีแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC/MC) โดยนักเรียนส่วนใหญ่อธิบายได้ว่า ผนังเซลล์และคลอโรพลาสต์พบในเซลล์พืชแต่ไม่พบในเซลล์สัตว์ นิวเคลียสทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเซลล์ แต่นักเรียนก็เข้าใจว่า ทั้งผนังเซลล์และเยื่อหุ้มเซลล์จะทำหน้าที่ป้องกันเชื้อโรคหรือสิ่งแปลกปลอมที่จะเข้าสู่เซลล์ ส่วนไมโทคอนเดรียมีหน้าที่ควบคุมการทำงานของเซลล์ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

“เซลล์สัตว์และเซลล์พืชมีโครงสร้างที่แตกต่างกัน คือ ผนังเซลล์และคลอโรพลาสต์ การที่ภายในเซลล์มีผนังเซลล์เพราะเยื่อหุ้มเซลล์แล้วจะมีลักษณะเป็นเยื่อเลือกผ่าน เพื่อป้องกันเชื้อโรคและสิ่งไม่ดีเข้าสู่ร่างกาย (หากไม่มีนิวเคลียส) อาจทำให้การทำงานของโครงสร้างไม่ดีและการทำงานผิดปกติ (หากขาดไมโทคอนเดรีย) เซลล์มีทำงานผิดปกติ ” (S474: แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

“(เซลล์พืชและเซลล์สัตว์มีโครงสร้างที่แตกต่างกัน) คือ โครงสร้างที่สีกับสอง (โครงสร้างที่สองผนังเซลล์มีหน้าที่อย่างไรต่อเซลล์) ผนังเซลล์ปกป้อง ป้องกันอันตรายจากสิ่งข้างนอก อาจจะช่วยสร้างภูมิคุ้มกันให้แก่เซลล์ (หากขาดนิวเคลียส) ทำให้เซลล์ประสาททำงานไม่เป็นปกติ อยู่ไม่ได้ค่ะ เพราะถ้าไม่มีก็ทำงานไม่ปกติ ก็อยู่ไม่ได้” (S472: การสัมภาษณ์แนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

สำหรับนักเรียนบางส่วนอธิบายได้ว่า ผนังเซลล์และเยื่อหุ้มเซลล์ควบคุมสารที่จะเข้า-ออกเซลล์ ส่วนนิวเคลียสมีหน้าที่ควบคุมการทำงานของเซลล์ แต่นักเรียนก็เข้าใจคลาดเคลื่อนว่า ทั้งนิวเคลียสและเอนโดพลาสมิกเรติคูลัมทั้งสองแบบมีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการปฏิสนธิของเซลล์ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

“เยื่อหุ้มเซลล์ต้องการยอมให้สารบางชนิดนั้นผ่านเข้าได้ เพราะการที่เซลล์ต้องผ่านการคัดเลือกเพื่อรับสารที่ไม่เป็นอันตรายแก่เซลล์ (หากขาดไมโทคอนเดรีย) อาจทำให้ขาดกระบวนการทำปฏิกิริยา (หากขาดนิวเคลียส) จะไม่สามารถควบคุมทำปฏิกิริยาและอาจไม่มีการปฏิสนธิ เอนโดพลาสมิกเรติคูลัมแตกต่างกันตรงผิว แต่ละอย่างไม่เหมือนกันและอาจทำให้การปฏิสนธิของเซลล์ไม่สมบูรณ์” (S473: แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

นักเรียนบางส่วนอธิบายได้ว่า ผนังเซลล์และคลอโรพลาสต์พบในเซลล์พืชแต่ไม่พบในเซลล์สัตว์ ส่วน ผนังเซลล์และเยื่อหุ้มเซลล์ทำหน้าที่ควบคุมสารเข้า-ออกเซลล์ นิวเคลียสควบคุมการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมหรือการแบ่งเซลล์ แต่นักเรียนก็เข้าใจคลาดเคลื่อนว่า ไมโทคอนเดรียมีหน้าที่ควบคุมการเจริญเติบโตหรือการสืบพันธุ์ของเซลล์

นักเรียนบางคนอธิบายได้ว่า ผนังเซลล์และคลอโรพลาสต์พบในเซลล์พืชแต่ไม่พบในเซลล์สัตว์ คลอโรพลาสต์ทำหน้าที่ในการสังเคราะห์แสงเพื่อสร้างอาหารให้แก่เซลล์ ผนังเซลล์ปกป้องและให้ความแข็งแรงแก่เซลล์ แต่นักเรียนก็เข้าใจคลาดเคลื่อนว่า กอลจิ คอมเพล็กซ์ทำหน้าที่ขับถ่ายของเสียและเปลี่ยนของเสียให้เป็นของดี

นักเรียนบางคนเข้าใจถูกต้องว่า ผึ้งเซลล์พบในเซลล์พืชแต่ไม่พบในเซลล์สัตว์ ผึ้งเซลล์และเยื่อหุ้มเซลล์ช่วยควบคุมการเข้า-ออกของสารจากเซลล์ แต่นักเรียนก็เข้าใจคลาดเคลื่อนว่า เยื่อหุ้มเซลล์ก็พบเฉพาะในเซลล์พืชแต่ไม่พบในเซลล์สัตว์ หรือเข้าใจคลาดเคลื่อนว่า ไมโทคอนเดรียทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนไหวของเซลล์

ส่วนนักเรียนบางคนเข้าใจถูกต้องว่า ผึ้งเซลล์พบในเซลล์พืชแต่ไม่พบในเซลล์สัตว์ ทำหน้าที่ให้ความแข็งแรงแก่เซลล์ ผึ้งเซลล์และเยื่อหุ้มเซลล์ช่วยควบคุมการเข้า-ออกของสารจากเซลล์ ไมโทคอนเดรียทำหน้าที่ผลิตพลังงานให้แก่เซลล์ แต่นักเรียนก็เข้าใจคลาดเคลื่อนว่า หากขาดนิวเคลียสเซลล์จะพินาศไม่สามารถอยู่ได้

สำหรับนักเรียนร้อยละ 13.33 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (PC) ในเรื่องนี้โดยนักเรียนส่วนใหญ่อธิบายได้ว่า ผึ้งเซลล์พบในเซลล์พืชแต่ไม่พบในเซลล์สัตว์ ผึ้งเซลล์และเยื่อหุ้มเซลล์ควบคุมสารเข้า-ออกจากเซลล์ นิวเคลียสทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเซลล์ แต่นักเรียนยังไม่สามารถอธิบายหน้าที่ของคลอโรพลาสต์ ไมโทคอนเดรีย และเอนโดพลาสมิกเรติคูลัมทั้งสองแบบ อีกทั้งไม่สามารถระบุได้ว่า ไรโบโซมไม่มีเยื่อหุ้ม แกนเซลล์ ส่วนกอลจิ คอมเพล็กซ์ ไลโซโซม แวกคิวโอล ต่างมีเยื่อหุ้มชั้นเดียว ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่ว่า

“(โครงสร้างใดบ้างที่พบในเซลล์เอ (พืช) แต่ไม่พบในเซลล์บี (สัตว์)) 2 (ผึ้งเซลล์) 4 (คลอโรพลาสต์) ช่วยในการสังเคราะห์ด้วยแสง ผึ้งเซลล์ที่พบในพืช อาจให้สารจำเป็นที่ต้องใช้ในการดำรงชีวิตของพืชและนำสารไม่จำเป็นออกจากเซลล์ (คาดว่าน่าจะเป็นการแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนกับคาร์บอนไดออกไซด์) หากไม่มีนิวเคลียสก็ไม่สามารถเกิดสิ่งต่างๆขึ้นมาได้เพราะนิวเคลียสเป็นตัวควบคุมเซลล์หรือศูนย์กลางของเซลล์” (S404: แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

“(ความแตกต่างระหว่างเซลล์พืชและเซลล์สัตว์) มีผึ้งเซลล์กับไม่มีผึ้งเซลล์ หมายเลขสอง (ผึ้งเซลล์ทำหน้าที่) หุ้ม ปกคลุมสิ่งต่างๆ ในเซลล์ ป้องกันการเกิดผลกระทบ ไม่ให้เซลล์ได้รับผลกระทบจากสิ่งภายนอก (มีโครงสร้างอื่นอีกไหมที่พบในเซลล์พืชแต่ไม่พบในเซลล์สัตว์) โครงสร้างที่สี่คะ (คืออะไร) ไม่ทราบคะ (ไม่ทราบมันส่งผลอย่างไรต่อเซลล์พืช) (หากเซลล์ประสาทขาดนิวเคลียสจะส่งผลอย่างไร) ทำงานไม่ได้คะ ไม่มีระบบสั่งการ ไม่ได้คะ (เซลล์ทุกเซลล์จำเป็นต้องมีนิวเคลียสไหม) จำเป็น” (S460: การสัมภาษณ์แนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

นอกจากนี้ มีนักเรียนบางคนอธิบายเพียงว่า นิวเคลียสทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเซลล์ ส่วนไมโทคอนเดรียทำหน้าที่ผลิตพลังงาน โดยนักเรียนยังไม่สามารถอธิบายถึงหน้าที่ของผึ้งเซลล์ เยื่อหุ้มเซลล์ คลอโรพลาสต์ และเอนโดพลาสมิกเรติคูลัมทั้งสองแบบได้ รวมทั้งไม่สามารถระบุได้ว่า ไรโบโซมไม่มีเยื่อหุ้ม แกนเซลล์ ส่วนกอลจิ คอมเพล็กซ์ ไลโซโซม แวกคิวโอล ต่างมีเยื่อหุ้มชั้นเดียว

ส่วนนักเรียนบางคนสามารถอธิบายได้ว่า ผึ้งเซลล์พบเฉพาะในเซลล์พืช ทั้งผึ้งเซลล์และเยื่อหุ้มเซลล์ทำหน้าที่คัดเลือกสารเข้า-ออกจากเซลล์ นิวเคลียสทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเซลล์ แต่นักเรียนยังไม่สามารถระบุได้ว่า คลอโรพลาสต์ก็พบในเซลล์พืชแต่ไม่พบในเซลล์สัตว์ รวมทั้งไม่สามารถอธิบายหน้าที่ของ คลอโรพลาสต์ ไมโทคอนเดรีย เอนโดพลาสมิกเรติคูลัมทั้งสองแบบ

รวมทั้งไม่สามารถระบุได้ว่า ไโรโซมไม่มีเยื่อออร์แกเนลล์ แต่กอลจิ คอมเพล็กซ์ ไลโซโซม แวกิวโอล ต่างมีเยื่อหุ้มชั้นเดียว

นอกจากนี้ยังมีนักเรียนร้อยละ 4.00 มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (MC) โดยนักเรียนบางคนเข้าใจว่า เยื่อหุ้มเซลล์พบในเซลล์พืชแต่ไม่พบในเซลล์สัตว์ ผนังเซลล์และเยื่อหุ้มเซลล์คัดเลือกเฉพาะสารที่มีประโยชน์ต่อเซลล์เข้าสู่เซลล์ ส่วนนักเรียนบางคนเข้าใจว่าหากขาดนิวเคลียสเซลล์จะพิการไม่สมประกอบ แต่บางคนเข้าใจว่า เอนโดพลาสมิกเรติคูลัมทั้งสองแบบทำหน้าที่ป้องกันเชื้อโรคที่จะเข้าสู่เซลล์

อย่างไรก็ตามยังมีนักเรียนร้อยละ 4.00 ไม่มีแนวคิด (NC) ในเรื่องนี้ เพราะนักเรียนไม่ตอบคำถาม

หลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER นักเรียน ร้อยละ 69.33 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC/MC) โดยนักเรียนส่วนใหญ่อธิบายว่า ผนังเซลล์และคลอโรพลาสต์พบในเซลล์พืชแต่ไม่พบในเซลล์สัตว์ ผนังเซลล์ทำหน้าที่ปกป้องเซลล์และทำให้เซลล์คงรูปร่าง เยื่อหุ้มเซลล์เท่านั้นที่เป็นเยื่อเลือกผ่านทำหน้าที่ควบคุมสารเข้า – ออกจากเซลล์ ไมโทคอนเดรียทำหน้าที่ผลิตพลังงานให้แก่เซลล์ ส่วนคลอโรพลาสต์ทำหน้าที่สังเคราะห์ด้วยแสงเพื่อสร้างอาหารให้แก่เซลล์พืช นิวเคลียสทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเซลล์ เอนโดพลาสมิกเรติคูลัมแบบผิวเรียบทำหน้าที่สังเคราะห์ลิพิด ส่วนแบบผิวขรุขระทำหน้าที่สังเคราะห์โปรตีน ไโรโซมไม่มีเยื่อออร์แกเนลล์ แต่กอลจิ คอมเพล็กซ์ ไลโซโซม แวกิวโอล ต่างมีเยื่อหุ้มชั้นเดียว แต่นักเรียนก็เข้าใจคลาดเคลื่อนว่า ผนังเซลล์ยอมให้สารทุกชนิดผ่านเข้าสู่เซลล์ได้ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

“เซลล์ B (พืช) มีโครงสร้างที่ 2 และ 4 ซึ่งผนังเซลล์ทำให้เซลล์มีความแข็งแรง ไม่เห็นด้วย เพราะผนังเซลล์ยอมให้สารทุกชนิดผ่านเข้าไปได้ แต่เยื่อหุ้มเซลล์เป็นเยื่อเลือกผ่านยอมให้สารบางชนิดเท่านั้นผ่านเข้าไปได้ (หากขาดนิวเคลียส) เซลล์ไม่สามารถควบคุมการทำงานได้ (หากไม่มีไมโทคอนเดรีย) จะไม่มีพลังงานและไม่สามารถสร้างพลังงานได้ เอนโดพลาสมิกเรติคูลัมแบบผิวเรียบทำหน้าที่สังเคราะห์ลิพิด ส่วนแบบผิวขรุขระทำหน้าที่สังเคราะห์โปรตีน ไโรโซมเป็นออร์แกเนลล์ที่ไม่มีเยื่อหุ้ม ส่วนกอลจิ คอมเพล็กซ์ ไลโซโซม แวกิวโอล เป็นออร์แกเนลล์ที่มีเยื่อหุ้มชั้นเดียว” (S452: แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

“เซลล์พืชและเซลล์สัตว์มีโครงสร้างและองค์ประกอบที่แตกต่างกัน คือ 2 (ผนังเซลล์) ปกป้องเซลล์ และ 4 (คลอโรพลาสต์) สังเคราะห์แสงของเซลล์พืช เยื่อหุ้มเซลล์เป็นเยื่อเลือกผ่าน ยอมให้สารบางชนิดเท่านั้น แต่ผนังเซลล์ยอมให้สารทุกชนิดผ่านได้ ไโรโซมไม่มีเยื่อหุ้มออร์แกเนลล์ ซึ่งแตกต่างจากอื่น ๆ มีเยื่อหุ้มชั้นเดียว เอนโดพลาสมิกเรติคูลัมแบบผิวเรียบสังเคราะห์ลิพิด ส่วนแบบผิวขรุขระสังเคราะห์โปรตีน” (S416: แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

นักเรียนบางส่วนเข้าใจถูกต้องว่า ผนังเซลล์และคลอโรพลาสต์พบในเซลล์พืชแต่ไม่พบในเซลล์สัตว์ ผนังเซลล์และเยื่อหุ้มเซลล์ทำหน้าที่ปกป้องเซลล์และควบคุมสารเข้า – ออก จากเซลล์ คลอโรพลาสต์ทำหน้าที่สังเคราะห์ด้วยแสงเพื่อสร้างอาหารให้แก่เซลล์พืช เอนโดพลาสมิกเรติคูลัม

แบบผิวเรียบทำหน้าที่สังเคราะห์ลิพิด หรือกำจัดสารพิษ ส่วนแบบผิวขรุขระทำหน้าที่สังเคราะห์โปรตีน ไโรโบโซมไม่มีเยื่อออร์แกเนลล์ แต่ก็เข้าใจคลาดเคลื่อนว่า นิวเคลียสทำหน้าที่ลำเลียงสารในไซโทพลาสซึม ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

“เซลล์พืช จะมีผนังเซลล์และคลอโรพลาสต์ แต่เซลล์สัตว์ไม่มีผนังเซลล์กับคลอโรพลาสต์ ทำให้เซลล์สัตว์ไม่มีการป้องกันและไม่สามารถสร้างอาหารได้ ผนังเซลล์ไม่ใช่เยื่อเลือกผ่าน แต่เยื่อหุ้มเซลล์เป็นเยื่อเลือกผ่าน ถ้าไม่มีนิวเคลียสจะไม่สามารถลำเลียงสารต่างๆ ในไซโทพลาสซึม ไโรโบโซมไม่มีเยื่อหุ้ม เอนโดพลาสมิกเรติคูลัมแบบผิวเรียบทำหน้าที่สังเคราะห์ลิพิด หรือกำจัดสารพิษ ส่วนแบบผิวขรุขระทำหน้าที่สังเคราะห์โปรตีนไปใช้นอกเซลล์” (S434: แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

แต่นักเรียนบางคนเข้าใจถูกต้องว่า เซลล์พืชมีผนังเซลล์ให้ความแข็งแรงแก่เซลล์และทำให้เซลล์พืชคงรูปร่าง แต่เซลล์สัตว์ไม่มีผนังเซลล์ ผนังเซลล์และเยื่อหุ้มเซลล์ทำหน้าที่ควบคุมสารเข้า-ออกเซลล์ หากขาดนิวเคลียสเซลล์จะไม่เจริญเติบโต แต่นักเรียนก็เข้าใจคลาดเคลื่อนว่า ผนังเซลล์ยอมให้สารทุกชนิดผ่านเข้า-ออกจากเซลล์ได้

นอกจากนี้นักเรียนร้อยละ 29.33 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (PC) โดยนักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจถูกต้องว่า ผนังเซลล์และคลอโรพลาสต์พบในเซลล์พืชแต่ไม่พบในเซลล์สัตว์ ผนังเซลล์ทำหน้าที่ปกป้องเซลล์ เยื่อหุ้มเซลล์เป็นเยื่อเลือกผ่านทำหน้าที่ควบคุมสารเข้า – ออก จากเซลล์ ไมโทคอนเดรียทำหน้าที่ผลิตพลังงานให้แก่เซลล์ ส่วนคลอโรพลาสต์ทำหน้าที่สังเคราะห์ด้วยแสงเพื่อสร้างอาหารให้แก่เซลล์พืช นิวเคลียสทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเซลล์ เอนโดพลาสมิกเรติคูลัมแบบผิวเรียบทำหน้าที่สังเคราะห์ลิพิด ส่วนแบบผิวขรุขระทำหน้าที่สังเคราะห์โปรตีน ไโรโบโซมไม่มีเยื่อออร์แกเนลล์ แต่กอลจิ คอมเพล็กซ์ ไลโซโซม แวกิวโอล ต่างมีเยื่อหุ้ม แต่นักเรียนยังไม่สามารถอธิบายถึงหน้าที่ของนิวเคลียสในการควบคุมการแบ่งเซลล์ และหน้าที่ของเอนโดพลาสมิกเรติคูลัมแบบผิวเรียบในการกำจัดสารพิษ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

“เซลล์สัตว์ไม่มีผนังเซลล์และคลอโรพลาสต์ แต่เซลล์พืชมีผนังเซลล์และคลอโรพลาสต์ นิวเคลียสควบคุมการทำงานของเซลล์ (หากขาดไมโทคอนเดรีย) ก็จะไม่มีการผลิตพลังงาน เพราะไมโทคอนเดรียผลิตพลังงานให้แก่เซลล์ ผนังเซลล์ไม่ใช่เยื่อเลือกผ่าน แต่เยื่อหุ้มเซลล์เป็นเยื่อเลือกผ่าน ไโรโบโซมไม่มีเยื่อหุ้ม แต่แวคิวโอล กอลจิ คอมเพล็กซ์ และไลโซโซมมีเยื่อหุ้ม เอนโดพลาสมิกเรติคูลัมแบบผิวเรียบมีบทบาทหน้าที่สังเคราะห์ลิพิดและกำจัดสารพิษ ผิวขรุขระมีบทบาททำหน้าที่สังเคราะห์โปรตีนออกไปใช้นอกเซลล์” (S472: แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

“(เซลล์พืชและเซลล์สัตว์มีโครงสร้างที่แตกต่างกัน) คือ สี่กับสองครับ โครงสร้างที่สองคือผนังเซลล์ปกป้องแล้วก็คงรูปร่างของเซลล์ ขอสื่อคลอโรพลาสต์ครับ คลอโรพลาสต์จะเป็นตัวสังเคราะห์แสง สร้างอาหารให้แก่พืช และบ่งบอกว่านี่เป็นเซลล์พืชครับ (ผนังเซลล์ทำหน้าที่อย่างไรต่อเซลล์) ทำให้เซลล์คงรูปร่าง การป้องกันสารที่เป็นอันตราย ป้องกัน ขอโทษครับจะอธิบายว่า การป้องกันของเซลล์พืชจะดีกว่าเซลล์สัตว์ เพราะมีทั้งผนังเซลล์และเยื่อหุ้มเซลล์ (เยื่อหุ้มเซลล์ทำหน้าที่) เป็นเยื่อเลือกผ่าน บางสารไม่น่าจะผ่านได้ (ไมโทคอนเดรียทำหน้าที่) ให้พลังงานแก่เซลล์

(ถ้าเซลล์มีไมโทคอนเดรียจำนวนมาก) จะมีการทำงานมาก ต้องการพลังงานมาก (หากขาดนิวเคลียส) การทำงานจะเริ่มไม่ทำงาน นิวเคลียสจะเป็นตัวควบคุมการทำงานของเซลล์ ถ้าเอานิวเคลียสออกไปเซลล์จะเริ่มทำงานช้าแล้วก็ตาย นิวเคลียสคล้ายหัวใจของคนเราครับ” (S410: การสัมภาษณ์แนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

“โครงสร้างและองค์ประกอบต่างๆ ของเซลล์ โดยเซลล์ประกอบด้วย นิวเคลียส เยื่อหุ้มเซลล์ ซึ่งเซลล์พืชและเซลล์สัตว์จะแตกต่างกัน เช่น เซลล์พืชมีผนังเซลล์ เซลล์สัตว์ไม่มีผนังเซลล์” (S458 อนุทินของนักเรียน : ฉันทเป็นโครงสร้างใดในเซลล์สิ่งมีชีวิต)

“ไมโทคอนเดรียมีหน้าที่สร้างพลังงานให้แก่เซลล์” (S425 อนุทินของนักเรียน : วัฒนาการของไมโทคอนเดรียและคลอโรพลาสต์)

แต่นักเรียนบางส่วนก็อธิบายได้ถูกต้องว่า ผนังเซลล์และคลอโรพลาสต์พบในเซลล์พืช แต่ไม่พบในเซลล์สัตว์ ไมโทคอนเดรียทำหน้าที่ผลิตพลังงานให้แก่เซลล์ ส่วนคลอโรพลาสต์ทำหน้าที่สังเคราะห์ด้วยแสงเพื่อสร้างอาหารให้แก่เซลล์พืช นิวเคลียสทำหน้าที่ควบคุมการแบ่งเซลล์ เอนโดพลาสมิกเรติคูลัมแบบผิวเรียบทำหน้าที่สังเคราะห์ลิพิด ส่วนแบบผิวขรุขระทำหน้าที่สังเคราะห์โปรตีน แต่นักเรียนยังไม่สามารถอธิบายถึงหน้าที่ของนิวเคลียสในการควบคุมการทำงานของเซลล์ และหน้าที่ของเอนโดพลาสมิกเรติคูลัมแบบผิวเรียบในการกำจัดสารพิษ รวมทั้งการที่ไรโบโซมไม่มีเยื่อหุ้มแกนเซลล์ แต่กอลจิ คอมเพล็กซ์ ไลโซโซม แวกคิวโอล ต่างมีเยื่อหุ้มชั้นเดียว ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

“เซลล์พืชและเซลล์สัตว์มีที่แตกต่างกันคือ ผนังเซลล์ ผนังเซลล์จะอยู่ในเซลล์พืชสร้างความแข็งแรงให้แก่เซลล์ และทำให้เซลล์รูปร่างคงที่ ผนังเซลล์ไม่ใช่เยื่อเลือกผ่านแต่ยอมให้สารผ่านได้ ส่วนเยื่อหุ้มเซลล์เป็นเยื่อเลือกผ่าน ยอมให้สารบางชนิดผ่านเข้า-ออกได้ (หากขาดนิวเคลียส) เซลล์จะไม่มี การแบ่งเซลล์และหยุดการทำงาน ไมโทคอนเดรียเป็นแหล่งผลิตพลังงานให้เซลล์ ออร์แกเนลล์ที่ไม่มีเยื่อหุ้ม คือ ไรโบโซม ออร์แกเนลล์เยื่อหุ้มชั้นเดียว คือ แวกคิวโอล กอลจิ คอมเพล็กซ์ ไลโซโซม เอนโดพลาสมิกเรติคูลัมแบบผิวเรียบทำหน้าที่สังเคราะห์ลิพิด ส่วนแบบผิวขรุขระทำหน้าที่สังเคราะห์โปรตีน” (S421: แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

นอกจากนี้ยังมีนักเรียนร้อยละ 1.33 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (SC) โดยนักเรียนสามารถอธิบายได้อย่างครบถ้วนว่า ผนังเซลล์และคลอโรพลาสต์พบในเซลล์พืชแต่ไม่พบในเซลล์สัตว์ ผนังเซลล์ทำหน้าที่ปกป้องเซลล์ เยื่อหุ้มเซลล์เป็นเยื่อเลือกผ่านทำหน้าที่ควบคุมสารเข้า – ออกจากเซลล์ คลอโรพลาสต์ทำหน้าที่สังเคราะห์ด้วยแสงเพื่อสร้างอาหารให้แก่เซลล์พืช ไมโทคอนเดรียทำหน้าที่ผลิตพลังงานให้แก่เซลล์ นิวเคลียสทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเซลล์และการแบ่งเซลล์ เอนโดพลาสมิกเรติคูลัมแบบผิวเรียบทำหน้าที่สังเคราะห์ลิพิดและกำจัดสารพิษ ส่วนแบบผิวขรุขระทำหน้าที่สังเคราะห์โปรตีน ไรโบโซมไม่มีเยื่อหุ้มแกนเซลล์ แต่กอลจิ คอมเพล็กซ์ ไลโซโซม แวกคิวโอล ต่างมีเยื่อหุ้มชั้นเดียว

อย่างไรก็หลังเรียนไม่พบว่า มีนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (MC) หรือไม่มีแนวคิด (NC) หรือไม่ตอบคำถามในเรื่องนี้

3. แนวคิดเรื่องการสื่อสารระหว่างเซลล์

ในแนวคิดเรื่องนี้ คำถามได้ให้นักเรียนอธิบายลักษณะของการสื่อสารระหว่างเซลล์พืช และเซลล์สัตว์ที่อยู่ใกล้กันและไกลกัน ซึ่งแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อธิบายว่า “การสื่อสารระหว่างเซลล์ที่อยู่ใกล้กัน กรณีเซลล์พืชสื่อสารกันผ่านทางช่อง “พลาสโมเดสมตา (plasmodesmata) ” กรณีเซลล์สัตว์สื่อสารกันผ่านทางช่องขนาดเล็ก (gap junction) บนเยื่อหุ้มเซลล์และสื่อสารกันโดยอาศัยตัวรับที่อยู่บนเยื่อหุ้มเซลล์ ส่วนการสื่อสารของเซลล์ที่อยู่ไกลกัน กรณีเซลล์พืชสื่อสารกันทางฮอร์โมนพืช ซึ่งจะลำเลียงไปตามท่อน้ำและท่ออาหาร หรือลำเลียงจากเซลล์หนึ่งไปยังอีกเซลล์หนึ่ง หรือแพร่ผ่านอากาศในรูปแก๊ส กรณีเซลล์สัตว์สื่อสารกันผ่านกระแสประสาททางเซลล์ประสาท และสื่อสารกันผ่านทางฮอร์โมนลำเลียงไปตามกระแสเลือดทางหลอดเลือด” ผลปรากฏว่าก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER จำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มแนวคิดแตกต่างกัน ดังตาราง 25

ตาราง 25 ความถี่และร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่มแนวคิดเรื่องการสื่อสารระหว่างเซลล์ (n=75)

คะแนน	กลุ่มแนวคิด	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)	
		ก่อนเรียน	หลังเรียน
0	ไม่มีแนวคิด ไม่ตอบคำถาม ตอบทวนคำถาม (NC)	29 (38.67)	0 (0.00)
1	แนวคิดคลาดเคลื่อน (MC)	27 (36.00)	0 (0.00)
2	แนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC/MC)	19 (25.33)	14 (18.67)
3	แนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (PC)	0 (0.00)	50 (66.67)
4	แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (SC)	0 (0.00)	11 (14.67)
รวม		75 (100.00)	75 (100.00)

หมายเหตุ: SC : Scientific Conceptions; PC : Partial Scientific Conceptions, PC/MC : Partial Scientific Conceptions with Misconceptions, MC : Misconceptions, NC: No answer or No Conception

จากตาราง 25 แสดงให้เห็นว่า ก่อนเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER นักเรียนร้อยละ 38.67 ไม่ตอบคำถามหรือไม่มีแนวคิด (NC) ในเรื่องนี้ ส่วนนักเรียนร้อยละ 36.00 มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (MC) โดยนักเรียนบางส่วนเข้าใจคลาดเคลื่อนว่า การสื่อสารระหว่างทั้งในเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ที่อยู่ใกล้กันหรือไกลกันย่อมต้องเหมือนกัน เพราะเป็นเซลล์เหมือนกัน โดยยังไม่สามารถอธิบายถึงวิธีการสื่อสารระหว่างเซลล์ได้ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

“เหมือนกัน เพราะเมื่ออยู่ใกล้กัน การสื่อสารก็จะเหมือนกัน มีลักษณะเหมือนกัน อาจสื่อสารระหว่างเซลล์ได้ง่ายกว่า” (S414: แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

“สองอันนี้ เหมือนจับคู่สื่อสารกัน ส่งเซลล์เล็กๆ ไปหากันใช้ท่อลำเลียง / มีระบบที่เหมือนกัน มีสารเชื่อมกัน (ยกตัวอย่างสารเชื่อม) เป็นเส้นเลือด” (S409: การสัมภาษณ์แนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

สำหรับนักเรียนบางส่วนก็เข้าใจคลาดเคลื่อนว่า เซลล์ที่อยู่ใกล้กันสื่อสารกันได้และสื่อสารเหมือนกัน แต่เซลล์ที่อยู่ไกลกันไม่สามารถสื่อสารกันได้ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น “เหมือนกัน เพราะมันไม่ได้อยู่ใกล้กัน จึงไม่สามารถได้หรือสื่อสารกันได้” (S435: แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

นอกจากนี้ มีนักเรียนร้อยละ 25.33 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC/MC) โดยนักเรียนเข้าใจถูกต้องว่า การสื่อสารระหว่างเซลล์พืชที่อยู่ใกล้กันและเซลล์สัตว์ที่อยู่ใกล้กันมีวิธีการสื่อสารระหว่างเซลล์แตกต่างกัน เช่นเดียวกับเซลล์พืชที่อยู่ไกลกันและเซลล์สัตว์ที่อยู่ไกลกันก็ย่อมมีวิธีการสื่อสารระหว่างเซลล์ที่แตกต่างกัน แต่นักเรียนก็เข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับวิธีการสื่อสารระหว่างเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

“แตกต่างกัน เพราะ สัตว์อาจจะมีการสื่อสารด้วยภาษาท่าทาง พืชก็มีการสื่อสารที่ต่างกัน” (S402: แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

“เซลล์สัตว์น่าจะมีการสัมผัสอยู่ใกล้กัน แต่เซลล์พืชน่าจะเป็นโอนสารจากเซลล์หนึ่งไปยังอีกเซลล์หนึ่ง / น่าจะมีเป็นท่อลำเลียง ส่งข้อมูลไปตามท่อ เช่น หลอดเลือด” (S407: การสัมภาษณ์แนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

หลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 66.67 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (PC) โดยนักเรียนสามารถอธิบายวิธีการสื่อสารระหว่างเซลล์ที่อยู่ใกล้กันและเซลล์ที่อยู่ไกลได้อย่างถูกต้อง แต่ยังไม่สามารถอธิบายได้อย่างครบถ้วนทุกวิธีการ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“(การสื่อสารระหว่างเซลล์ที่อยู่ใกล้กัน) เซลล์พืชจะสื่อสารผ่านช่องพลาสโมเดสมาตา เซลล์สัตว์จะสื่อสารผ่านช่องขนาดเล็กบนเยื่อหุ้มเซลล์ / (การสื่อสารระหว่างเซลล์ที่อยู่ไกลกัน) แตกต่างกัน เซลล์พืชจะสื่อสารผ่านทางฮอร์โมนพืชและลำเลียงไปตามท่อน้ำและท่ออาหาร เซลล์สัตว์จะสื่อสารผ่านทางกระแสประสาท” (S426: แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

“(การสื่อสารระหว่างเซลล์ที่อยู่ใกล้กัน) ต่างกัน พืชจะสื่อสารผ่านช่องพลาสโมเดสมาตา ส่วนสัตว์จะสื่อสารผ่านช่องแคบ / (การสื่อสารระหว่างเซลล์ที่อยู่ไกลกัน) เหมือนกัน มีการสื่อสารกันผ่านทางฮอร์โมน หรือสื่อสารจากเซลล์หนึ่งไปยังอีกเซลล์หนึ่ง โดยเซลล์สัตว์จะสื่อสารผ่านหลอดเลือด เซลล์พืชจะสื่อสารผ่านทางท่อลำเลียงต่างๆ” (S417: แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

“อันนี้เป็นเซลล์พืชที่อยู่ใกล้กันสื่อสารกันผ่านทางพลาสโมเดสมาตา เซลล์สัตว์ผ่านช่องบนเยื่อหุ้มเซลล์ / ไกลกัน การผ่านท่อลำเลียงอาหาร ผ่านระบบประสาทค่ะ หลอดเลือดค่ะ

หลอดเลือดและท่อเลือดค้ำ ฮอร์โมนค้ำ 2 แนวทาง: ผ่านทางระบบประสาทค้ำ ผ่านทางหลอดเลือดทางฮอร์โมนค้ำ” (S460: การสัมภาษณ์แนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

“การสื่อสารระหว่างเซลล์ของสัตว์ เซลล์สัตว์ที่อยู่ใกล้กันจะมีโปรตีนอยู่ตรงเยื่อหุ้มเซลล์และสร้างช่องสื่อสารกันเพื่อให้สารโมเลกุลขนาดเล็กหรือไอออนเข้าออกได้ หรืออาศัยตัวรับที่อยู่บนเยื่อหุ้มเซลล์และเซลล์สัตว์ที่อยู่ใกล้กันจะสื่อสารผ่านระบบประสาทหรือต่อมไร้ท่อ” (S401 อนุทินของนักเรียน : การสื่อสารระหว่างเซลล์)

“เซลล์พืชที่อยู่ใกล้กันมีการสื่อสารโดยลำเลียงผ่านเซลล์หนึ่งไปยังอีกหนึ่งเซลล์ หรือแพร่ออกเป็นแก๊ส หรือผ่านท่อลำเลียงน้ำและอาหาร การสื่อสารสามารถสื่อได้ 3 แบบ ได้แก่ การรับสัญญาณ การส่งสัญญาณ การตอบสนอง” (S423 อนุทินของนักเรียน : การสื่อสารระหว่างเซลล์)

“การสื่อสารระหว่างเซลล์ของเซลล์สัตว์อย่างใกล้กัน ติดต่อกันโดยอาศัยตัวรับที่อยู่บนเยื่อหุ้มเซลล์เพื่อสื่อสารกัน การสื่อสารระหว่างเซลล์สัตว์ที่อยู่ใกล้ติดต่อกันโดยเซลล์ประสาทรับความรู้สึก และส่งต่อกระแสประสาทให้อีกเซลล์หนึ่งโดยที่เยื่อหุ้มเซลล์ของเซลล์ประสาทถัดไปซึ่งเป็นตัวรับ” (S417 อนุทินของนักเรียน : การสื่อสารระหว่างเซลล์)

นอกจากนี้นักเรียนร้อยละ 14.67 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (SC) โดยนักเรียนสามารถอธิบายวิธีการสื่อสารระหว่างเซลล์พืชที่อยู่ใกล้และไกลกัน เซลล์สัตว์ที่อยู่ใกล้และไกลกันได้ อย่างถูกต้องครบถ้วน ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

“(การสื่อสารระหว่างเซลล์ที่อยู่ใกล้กัน) พืชสื่อสารกันผ่านพลาสมาเดสมาตา สัตว์ใช้ตัวรับบนเยื่อหุ้มเซลล์และช่อง (gap junction) บนเยื่อหุ้มเซลล์ / (การสื่อสารระหว่างเซลล์ที่อยู่ใกล้กัน) เซลล์พืช จะสื่อสารโดยฮอร์โมนและลำเลียงไปตามท่อน้ำและอาหารหรือการแพร่ สัตว์จะสื่อสารโดยฮอร์โมนจะผ่านกระแสเลือดหรือเส้นประสาทกับเซลล์ประสาท” (S407: แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

“การสื่อสารระหว่างเซลล์สัตว์ที่อยู่ใกล้กัน คือ เซลล์สัตว์สามารถติดต่อกันโดยอาศัยตัวรับและช่องเล็กๆ บนเยื่อหุ้มเซลล์ การสื่อสารระหว่างเซลล์สัตว์ที่อยู่ใกล้กัน สื่อสารกันผ่านกระแสประสาทและฮอร์โมน ส่วนการสื่อสารระหว่างเซลล์พืชที่อยู่ใกล้กันสามารถผ่านทางฮอร์โมน ลำเลียงผ่านท่อลำเลียงน้ำและท่ออาหาร หรือลำเลียงจากเซลล์จากเซลล์หนึ่งไปยังอีกเซลล์หนึ่ง การสื่อสารระหว่างเซลล์พืชที่อยู่ใกล้กันสื่อสารกันผ่านทางช่องที่มีชื่อเรียกว่า พลาสมาเดสมาตา ซึ่งเป็นบริเวณของไซโทพลาซึมของเซลล์หนึ่งติดต่อกับอีกเซลล์หนึ่ง” (S468 อนุทินของนักเรียน : การสื่อสารระหว่างเซลล์)

ส่วนนักเรียนร้อยละ 18.67 ที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC/MC) เพราะนักเรียนสามารถอธิบายวิธีการสื่อสารระหว่างเซลล์ที่อยู่ใกล้และไกลกัน ได้บางวิธีการ แต่ยังเข้าใจคลาดเคลื่อนหรืออธิบายยังไม่ถูกต้องบางวิธีการ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

“เหมือนกันเพราะ เซลล์พืชและเซลล์สัตว์ที่อยู่ใกล้กันสามารถสื่อสารกันทางเยื่อหุ้มเซลล์ ซึ่งจะมีรูปลึ้กๆ (gap junction) ที่สามารถทำให้เซลล์สื่อสารกันได้ / แตกต่างกัน โดยเซลล์พืชที่อยู่ไกลจะสื่อสารกันโดยใช้ท่อลำเลียงน้ำและท่อลำเลียงอาหาร ส่วนเซลล์สัตว์ที่อยู่ใกล้กันจะสื่อสารกันโดยใช้กระแสประสาท” (S406: แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

“สำหรับเซลล์พืชจะมีช่องว่าง เรียกว่า ช่องพลาสโมเดสมามาตัวสื่อสารกัน ส่วนเซลล์สัตว์จะมีช่องและรูรับสารบนเยื่อหุ้มเซลล์ค่ะ อันนี้เป็นรูรับสาร / อันนี้เป็นแบบใกล้กัน ใช้กระแสประสาท และหลอดเลือด ฮอโมนำเลียงผ่านทางไปตามหลอดเลือด” (S423: การสัมภาษณ์แนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

อย่างไรก็ตามหลังเรียนไม่มีนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (MC) หรือนักเรียนที่ไม่ตอบคำถามหรือไม่มีแนวคิด (NC) ในเรื่องนี้

3. แนวคิดเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์

ในแนวคิดเรื่องนี้ คำถามได้ให้นักเรียนอธิบายลักษณะและความจำเป็นของการเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์ ซึ่งแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อธิบายว่า “การเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์ เป็นการเปลี่ยนแปลงลักษณะ รูปร่าง และขนาดของเซลล์ เพื่อให้เซลล์ไปทำหน้าที่เฉพาะอย่าง” ผลปรากฏว่า ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER จำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มแนวคิดแตกต่างกัน ดังตาราง 26

ตาราง 26 ความถี่และร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่มแนวคิดเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์ (n=75)

คะแนน	กลุ่มแนวคิด	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)	
		ก่อนเรียน	หลังเรียน
0	ไม่มีแนวคิด ไม่ตอบคำถาม ตอบทวนคำถาม (NC)	18 (24.00)	0 (0.00)
1	แนวคิดคลาดเคลื่อน (MC)	46 (61.33)	2 (2.67)
2	แนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC/MC)	6 (8.00)	1 (1.33)
3	แนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (PC)	5 (6.67)	22 (29.33)
4	แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (SC)	0 (0.00)	48 (64.00)
รวม		75 (100.00)	75 (100.00)

หมายเหตุ: SC : Scientific Conceptions; PC : Partial Scientific Conceptions, PC/MC : Partial Scientific Conceptions with Misconceptions, MC : Misconceptions, NC: No answer or No Conception

จากตาราง 26 แสดงให้เห็นว่า ก่อนเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER นักเรียนมากกว่าครึ่งหนึ่ง (ร้อยละ 61.33) มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (MC) โดยนักเรียนเข้าใจว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์เป็นการปรับตัวของเซลล์ให้เข้ากับสภาพแวดล้อม ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

“(การเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์เป็น) การเปลี่ยนแปลงสภาพตาม วัน เวลา เพราะเพื่อที่จะทำให้ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้” (S405: แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

“(การเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์) เพื่อเป็นการปรับสภาพให้เหมาะสมกับพื้นที่หรือการแบ่งตัวที่ง่าย” (S439: แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

“(การเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์) เพื่อปรับให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมนั้นๆ แล้วเพื่อเอาชีวิตรอด” (S462: แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

“อาจเป็นที่สภาพแวดล้อม ก็สิ่งมีชีวิตในโลกนี้ก็ต้องปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อม เซลล์ก็เป็นสิ่งมีชีวิตเหมือนกัน ดังนั้นมันต้องปรับเปลี่ยน” (S410: การสัมภาษณ์แนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

นอกจากนี้เมื่อนักเรียนร้อยละ 24.00 ยังไม่ตอบคำถามหรือไม่มีแนวคิดในเรื่องนี้ (NC) และมีนักเรียนร้อยละ 8.00 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC/MC) โดยนักเรียนส่วนมากในกลุ่มนี้เข้าใจถูกต้องว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์เป็นการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเซลล์ หรือขนาดของเซลล์ หรือทั้งรูปร่างและลักษณะของเซลล์ แต่ก็เข้าใจคลาดเคลื่อนว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์เกิดขึ้นเพื่อเป็นการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมหรือการเกิดเซลล์ใหม่ หรือเพื่อสมดุลของเซลล์ หรือเพราะเวลาเปลี่ยนไปเซลล์ต้องเปลี่ยน และมีนักเรียนบางคนเข้าใจถูกต้องว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์เกิดขึ้นเพื่อให้เซลล์ได้ทำหน้าที่เฉพาะอย่างและการเจริญเติบโตของเซลล์ แต่ก็เข้าใจคลาดเคลื่อนว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์ทำให้มีการเพิ่มจำนวนเซลล์

อย่างไรก็ตามเมื่อนักเรียนร้อยละ 6.67 ที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (PC) โดยนักเรียนเข้าใจถูกต้องว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์เป็นการเจริญเติบโตของเซลล์ แต่นักเรียนก็ยังไม่สามารถอธิบายเกี่ยวกับลักษณะของการเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์

หลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 65.33 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (SC) โดยนักเรียนอธิบายได้ว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์เป็นการเปลี่ยนแปลงลักษณะ รูปร่าง ขนาดของเซลล์ เพื่อให้เซลล์ไปทำหน้าที่เฉพาะอย่าง ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“(การเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์ คือ) การเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ลักษณะ และขนาดของเซลล์ เพื่อไปทำหน้าที่เฉพาะอย่าง” (S472: แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

“(การเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์ คือ) การเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่าง ขนาดของเซลล์ เพื่อให้เซลล์ไปทำหน้าที่เฉพาะอย่าง” (S453: แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

“เปลี่ยนแปลงตามขนาด รูปร่าง ลักษณะหน้าที่ของเซลล์ที่จะไปตามที่ต่าง ๆ เพราะว่าทำให้ถูกกับหน้าที่ สมมติว่านี่เป็นเซลล์ประสาทก็จะแยกไปเป็นเซลล์ประสาทค่ะ” (S419: การสัมภาษณ์แนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

“การเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์ โดยมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะ รูปร่าง ตำแหน่ง ขนาด เพื่อไปทำหน้าที่ของแต่ละอย่าง ตามเฉพาะอย่าง เซลล์ต้นกำเนิดสามารถแบ่งเซลล์ได้ไม่จำกัด มีนิวเคลียส มีลักษณะเป็นวงกลม” (S424 อนุทินของนักเรียน : การเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์)

“การเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์ เปลี่ยนแปลงรูปร่าง ลักษณะ ขนาด เพื่อใช้และไปทำหน้าที่เฉพาะอย่าง แตกต่างกันไป” (S465 อนุทินของนักเรียน : การเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์)

“การเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์ เปลี่ยนแปลงทางรูปร่าง ลักษณะ ขนาด เพื่อใช้และไปทำหน้าที่เฉพาะอย่าง แตกต่างกันไป” (S470 อนุทินของนักเรียน : การเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์)

นอกจากนี้นักเรียนร้อยละ 29.33 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (PC) โดยนักเรียนไม่สามารถระบุรูปแบบการเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์ได้ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

“(การเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์ คือ) เปลี่ยนแปลงสภาพไปตามหน้าที่ของเซลล์ เปลี่ยนแปลงรูปร่าง ลักษณะครบ แล้วก็การทำงาน เพื่อให้เซลล์แต่ละเซลล์ไปทำหน้าที่ในร่างกายที่ต่างกันไป” (S436: การสัมภาษณ์แนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

“(การเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์ คือ) การเปลี่ยนแปลงขนาดของเซลล์ รูปร่างของเซลล์ เพื่อทำหน้าที่เฉพาะ” (S410: แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

“(การเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์ คือ) การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเซลล์ ทำหน้าที่เฉพาะอย่าง” (S449: แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

แต่นักเรียนบางคนเข้าใจถูกต้องว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์เกิดขึ้นเพื่อให้เซลล์ไปทำหน้าที่เฉพาะอย่าง แต่นักเรียนยังไม่ได้อธิบายว่า เซลล์มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะใดบ้าง ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

“การเปลี่ยนแปลงเป็นการเปลี่ยนแปลงสภาพเพื่อทำหน้าที่แตกต่างกัน” (S420: แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

ส่วนนักเรียนร้อยละ 2.67 ที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (MC) เพราะนักเรียนยังคงเข้าใจคลาดเคลื่อนว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์คือการที่เซลล์ปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่เซลล์อยู่ และมีนักเรียนเพียง 1.33 เท่านั้นที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC/MC) โดยนักเรียนเข้าใจถูกต้องว่า คือ การเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์เป็นการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ลักษณะ ขนาด และการทำหน้าที่ของเซลล์ต่าง ๆ แต่นักเรียนก็เข้าใจคลาดเคลื่อนว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์เป็นการสร้างเซลล์ใหม่ ผลิตเซลล์เพื่อการ

ดำรงชีวิตของเซลล์ อย่างไรก็ตามหลังการเรียนรู้ในเรื่องนี้ไม่มีนักเรียนที่ไม่ตอบคำถามหรือไม่มีแนวคิด (NC)

5. แนวคิดเรื่องการชราภาพของเซลล์

ในแนวคิดเรื่องนี้ คำถามได้ให้นักเรียนอธิบายสาเหตุของการชราภาพของเซลล์และระบุลักษณะของเซลล์ที่เกิดการชราภาพ “สาเหตุของการชราภาพของเซลล์ คือ เซลล์มีอายุเกินกำหนด อายุขัยทำให้เซลล์มีอายุขัยจำกัด เซลล์มีการสะสมของเสียเพิ่มขึ้น เซลล์ได้รับอนุมูลอิสระทำให้ DNA ในเซลล์เกิดความผิดปกติ ลักษณะของเซลล์ชราภาพ คือ ประสิทธิภาพในการทำงานลดลง” ผลปรากฏว่าก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER จำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มแนวคิดแตกต่างกัน ดังตาราง 27

ตาราง 27 ความถี่และร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่มแนวคิดเรื่องการชราภาพของเซลล์ (n=75)

คะแนน	กลุ่มแนวคิด	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)	
		ก่อนเรียน	หลังเรียน
0	ไม่มีแนวคิด ไม่ตอบคำถาม ตอบทวนคำถาม (NC)	12 (16.00)	0 (0.00)
1	แนวคิดคลาดเคลื่อน (MC)	7 (9.33)	0 (0.00)
2	แนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC/MC)	27 (36.00)	3 (4.00)
3	แนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (PC)	29 (38.67)	23 (30.67)
4	แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (SC)	0 (0.00)	49 (65.33)
	รวม	75 (100.00)	75 (100.00)

หมายเหตุ: SC : Scientific Conceptions; PC : Partial Scientific Conceptions, PC/MC : Partial Scientific Conceptions with Misconceptions, MC : Misconceptions, NC: No answer or No Conception

จากตาราง 27 แสดงให้เห็นว่า ก่อนเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER นักเรียนร้อยละ 38.67 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (PC) โดยนักเรียนบางส่วนจะเข้าใจว่า การชราภาพของเซลล์เกิดจากการที่เซลล์ทำงานหนักหรือทำงานเป็นระยะเวลานานหรือเซลล์มีอายุขัย แต่นักเรียนยังไม่สามารถระบุสาเหตุของการชราภาพของเซลล์ได้อย่างครบถ้วน หรือยังไม่ได้ระบุลักษณะของเซลล์ที่ชราภาพ

“เซลล์จะเริ่มตายตามอายุการทำงานของสิ่งที่ยึดอยู่กับสิ่งมีชีวิตเหล่านั้นแก่ตัวลง เซลล์ก็จะแก่ตามสิ่งมีชีวิต / (ไม่ระบุลักษณะเซลล์ที่ชราภาพ)” (S469: แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

“อายุของเซลล์และสารที่เข้ามาทำร้าย / C เซลล์เม็ดเลือดขาวอีโนซิโนฟิลสามารถสร้างเอนไซม์ได้ลดลง ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและการขยายของเซลล์” (S444: แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

แต่นักเรียนบางส่วนก็สามารถระบุลักษณะของเซลล์ที่เกิดการชราภาพได้ แต่สามารถอธิบายสาเหตุแห่งการชราภาพของเซลล์ได้เพียงบางสาเหตุ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

“สารไม่ประสงค์ดีเข้าสู่เซลล์ (อนุมูลอิสระ) / C เพราะการชราของเซลล์ก็เหมือนกับการชราภาพของมนุษย์ที่จะทำงานต่างๆได้ลดลง” (S410: แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

“ภาพมือ ค่ะ เกี่ยวกับวัยที่แก่ลง ทำให้เซลล์เริ่มแก่ลงตามวัย เหี่ยวแห้งค่ะ สร้างสาร ก็ลดลง” (S471: การสัมภาษณ์แนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

นอกจากนี้ยังมีนักเรียนร้อยละ 36.00 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC/MC) โดยนักเรียนเข้าใจถูกต้องว่า เซลล์ที่เกิดการชราภาพจะมีความสามารถในการทำงานลดลง แต่นักเรียนก็เข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับ สาเหตุแห่งการชราภาพของเซลล์ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

“นิวเคลียสไม่ทำงานหรือองค์ประกอบภายในเซลล์ไม่ครบ / C เพราะเม็ดขาว (ทำงาน) ลดลง จึงทำให้เอนไซม์ลดลงตาม” (S459: แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

“กาลเวลา การเผาไหม้ การเนาเปื่อย / A เพราะถ้าเราแก่จะต้องการพลังงาน ATP ลดลงด้วย จะทำให้ไม่ค่อยมีแรง” (S415: แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

“ (ลักษณะของมือในภาพนี้เกี่ยวข้องกับอาการชราภาพหรือไม่ อย่างไร) เกี่ยวกับการชราภาพของคน ด้วยอายุขัยด้วยค่ะ แก่ลง แบบเราก็ต้องมีการอ่อนแอ การเปลี่ยนแปลงลงไป แบบเหี่ยวริเป่ลาค่ะ ตอนเด็กมันก็จะนุ่ม ตอนโตขึ้นมันมันก็จะเหี่ยว เพิ่มขึ้นหรือลดลงอะไรประมาณนี้ค่ะ แล้วแต่แบบที่เรีในร่างกาย” (S475: การสัมภาษณ์แนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

อย่างไรก็ตามมีนักเรียนร้อยละ 9.33 ที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (MC) โดยนักเรียนเข้าใจว่าเซลล์ได้รับเชื้อโรคหรือสารพิษเซลล์จึงเกิดการชราภาพ และมีนักเรียนร้อยละ 16.00 ที่ไม่ตอบคำถามหรือไม่มีแนวคิด (NC)

หลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 65.33 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (SC) โดยนักเรียนสามารถอธิบายได้ถูกต้องเกี่ยวกับ สาเหตุของการชราภาพของเซลล์ คือ เซลล์มีอายุขัยจำกัด เซลล์มีการสะสมของเสียเพิ่มขึ้น และเซลล์ได้รับอนุมูลอิสระทำให้ DNA ในเซลล์เกิดความผิดปกติ ลักษณะของเซลล์ที่เกิดการชราภาพ คือ มีความสามารถในการสร้างสารต่างๆ เช่น เอนไซม์ หรือ ATP ได้ลดลง มีความว่องไวหรือประสิทธิภาพในการทำงานลดลง ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“การชราภาพของเซลล์อาจเกิดได้ต่างกัน จากเซลล์ที่มียืนกำหนดอายุขัยที่จำกัด ได้รับอนุมูลอิสระจากปัจจัยภายนอก การเปลี่ยนแปลงของโปรตีนบางชนิดภายในเซลล์ เซลล์มีการ

สะสมของเสียมาก / C เซลล์สร้างสารต่างๆ ได้ลดลง” (S425: แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

“เซลล์มียีนกำหนดอายุขัย ได้รับอนุมูลอิสระจากภายนอก การเปลี่ยนแปลงของโปรตีนบางชนิดภายในเซลล์ เซลล์มีการสะสมของเสียมาก / C เซลล์เม็ดเลือดขาวอีโนซิโนฟิลสามารถสร้างเอนไซม์ได้ลดลง” (S423: แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

“เกี่ยวค่ะ การสะสมของเสียมากขึ้น เซลล์มีอายุขัยจำกัด การที่รับอนุมูลอิสระทำให้ DNA

ผิดปกติค่ะ (ลักษณะเซลล์ที่ชราภาพ) เซลล์ทำงานได้ลดลง” (S471: การสัมภาษณ์แนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

“การชราภาพของเซลล์อาจเกิดได้ต่างกัน จากเซลล์ที่มียีนกำหนดอายุขัยที่จำกัด ได้รับอนุมูลอิสระจากปัจจัยภายนอก การเปลี่ยนแปลงของโปรตีนบางชนิดภายในเซลล์ เซลล์มีการสะสมของเสียมาก” (S402 อนุทินของนักเรียน : การชราภาพของเซลล์)

“เซลล์มียีนกำหนดอายุขัย ได้รับอนุมูลอิสระจากภายนอก การเปลี่ยนแปลงของโปรตีนบางชนิดภายในเซลล์ เซลล์มีการสะสมของเสียมาก ลักษณะของเซลล์ที่ชราภาพ มีความสามารถในการทำงานและสร้างสารต่างๆ ลดลง” (S405 อนุทินของนักเรียน : การชราภาพของเซลล์)

“การชราภาพของเซลล์ เกิดจากเซลล์อายุขัยจำกัด ได้รับอนุมูลอิสระจากภายนอก การเปลี่ยนแปลงของโปรตีนบางชนิดภายในเซลล์ และเซลล์มีการสะสมของเสียมาก ลักษณะของเซลล์ที่ชราภาพ มีความสามารถในการทำงานและสร้างสารต่างๆ ลดลง” (S414 อนุทินของนักเรียน : การชราภาพของเซลล์)

นอกจากนี้นักเรียนร้อยละ 30.67 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (PC) โดยนักเรียนสามารถอธิบายสาเหตุแห่งการชราภาพของเซลล์ได้บางส่วน พร้อมทั้งระบุลักษณะเซลล์ที่เกิดการชราภาพได้ แต่นักเรียนยังไม่สามารถอธิบายได้ครบถ้วน ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

“เซลล์มีอายุขัยจำกัด / C เซลล์เม็ดเลือดขาวอีโนซิโนฟิลสามารถสร้างเอนไซม์ได้ลดลง” (S450: แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

“เซลล์หมดอายุขัยและได้รับอนุมูลอิสระจากภายนอก / C เซลล์เม็ดเลือดขาวอีโนซิโนฟิลสามารถสร้างเอนไซม์ได้ลดลง” (S408: แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

“เซลล์มีอายุขัยจำกัด มีการสะสมของเสีย / C เซลล์เม็ดเลือดขาวอีโนซิโนฟิลสามารถสร้างเอนไซม์ได้ลดลง” (S462: แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

“เกี่ยวค่ะ มีการสะสมของเสียมากยิ่งขึ้น มีการรับอนุมูลอิสระค่ะ มีการสร้างสารต่างๆ ลดลง” (S460: การสัมภาษณ์แนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

นักเรียนเพียง 4.00 เท่านั้นที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC/MC) โดยนักเรียนเข้าใจถูกต้องว่า การที่เซลล์เกิดการชราภาพเป็นเพราะ

เซลล์มีอายุขัยจำกัด หรือเซลล์มีการสะสมของเสีย หรือเซลล์ได้รับอนุมูลอิสระ และลักษณะของเซลล์ที่เกิดการชราภาพจะมีความสามารถในการทำงานลดลง แต่นักเรียนยังคงเข้าใจคลาดเคลื่อนว่า การขับถ่ายของเสียผิดปกติ การสื่อสารผิดปกติ หรือการได้รับสารเสพติดก็เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการชราภาพของเซลล์ด้วยเช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตามหลังการเรียนรู้ในเรื่องนี้ไม่มีนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (MC) หรือนักเรียนที่ไม่ตอบคำถามหรือไม่มีแนวคิด (NC)

6. แนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส

ในแนวคิดเรื่องนี้ คำถามได้ให้นักเรียนอธิบายความสำคัญและลักษณะของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ซึ่งแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อธิบายว่า “การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส จำนวนเซลล์ใหม่ที่ได้จะเป็นสองเท่าของเซลล์เดิม จำนวนโครโมโซมในเซลล์ใหม่ที่ได้จะเท่ากับเซลล์เดิมและเซลล์ใหม่จะมีลักษณะทางพันธุกรรมเหมือนกับเซลล์เดิม การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสเป็นการแบ่งเซลล์ร่างกายเพื่อการเจริญเติบโตในสิ่งมีชีวิตโดยทั่วไปและเป็นการแบ่งเซลล์เพื่อสืบพันธุ์ในสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว” ผลปรากฏว่าก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER จำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มแนวคิดแตกต่างกัน ดังตาราง 28

ตาราง 28 ความถี่และร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่มแนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (n=75)

คะแนน	กลุ่มแนวคิด	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)	
		ก่อนเรียน	หลังเรียน
0	ไม่มีแนวคิด ไม่ตอบคำถาม ตอบทวนคำถาม (NC)	24 (32.00)	0 (0.00)
1	แนวคิดคลาดเคลื่อน (MC)	11 (14.67)	1 (1.33)
2	แนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC/MC)	18 (24.00)	7 (9.33)
3	แนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (PC)	22 (28.00)	29 (38.67)
4	แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (SC)	1 (1.33)	38 (50.67)
รวม		75 (100.00)	75 (100.00)

หมายเหตุ: SC : Scientific Conceptions; PC : Partial Scientific Conceptions, PC/MC : Partial Scientific Conceptions with Misconceptions, MC : Misconceptions, NC: No answer or No Conception

จากตาราง 28 แสดงให้เห็นว่า ก่อนเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER มีนักเรียนร้อยละ 32.00 ที่ไม่ตอบคำถามหรือไม่มีแนวคิด (NC) จากการสัมภาษณ์โดยใช้ตัวอย่างก็พบว่าตัวแทนนักเรียนที่ให้การสัมภาษณ์ก็ไม่สามารถตอบคำถามเกี่ยวกับการแบ่งเซลล์ได้ ส่วนนักเรียน

ร้อยละ 28.00 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (PC) โดยนักเรียนบางคนเข้าใจว่า การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสเป็นการแบ่งเซลล์แบบเพิ่มจำนวนเซลล์เป็นสองเท่าของเซลล์เดิม ลักษณะทางพันธุกรรมของเซลล์ใหม่ยังคงเหมือนเซลล์เดิม แต่นักเรียนยังไม่สามารถอธิบายได้ว่า การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตอย่างไรและจำนวนโครโมโซมในเซลล์ใหม่เป็นเท่าใด ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

“(การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสเป็น) เซลล์แบ่งออกเซลล์จาก 1 เป็น 2 เป็น 4 เพราะเซลล์แบ่งออกไป ลักษณะทางพันธุกรรมยังคงเหมือนเดิม” (S434: แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

“เซลล์ใหม่มีลักษณะทางพันธุกรรมเหมือนกับเซลล์เริ่มต้น” (S461: แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

แต่นักเรียนบางคนก็สามารถอธิบายได้ว่า การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสจำนวนโครโมโซมในเซลล์ใหม่และลักษณะทางพันธุกรรมของเซลล์ใหม่เหมือนกับเซลล์เดิม แต่นักเรียนยังไม่สามารถอธิบายถึงความสำคัญของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

“(การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส) เซลล์มีโครโมโซมเท่าเดิม และมีลักษณะทางพันธุกรรมเหมือนเซลล์เริ่มต้น” (S429: แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

“(การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส) เซลล์ใหม่มีโครโมโซมเป็น 1 เท่าของเซลล์เดิม มีลักษณะทางพันธุกรรมเหมือนกันแต่ต้องรอการเจริญเติบโต” (S410: แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

“เซลล์ใหม่มีโอกาสที่โครโมโซมเท่ากัน มีโอกาสที่ลักษณะทางพันธุกรรมเหมือนกันเป็นส่วนมาก” (S424: แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

นอกจากนี้ยังมีนักเรียนร้อยละ 24.00 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC/MC) โดยนักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจถูกต้องว่า การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสเซลล์ใหม่ที่ได้มีจำนวนโครโมโซมเท่ากับเซลล์เริ่มต้น แต่นักเรียนก็เข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับความสำคัญของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและลักษณะทางพันธุกรรมของเซลล์ใหม่ที่เกิดจากการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

“มีโครโมโซม 4 แท่งในเซลล์ใหม่ จะมีลักษณะทางพันธุกรรมไม่เหมือนกับเซลล์เริ่มต้น / สิ่งมีชีวิตบางชนิดอาจจะแบ่งเป็นไมโทซิส สิ่งมีชีวิตบางชนิดอาจจะแบ่งเป็นไมโอซิส” (S428: แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

“น่าจะเป็นสารพันธุกรรม การแบ่งเซลล์สืบพันธุ์ แยกออก แยกออกเป็นเซลล์แต่ละเซลล์ (โครโมโซมของเซลล์ใหม่) เพิ่มขึ้น เพราะมันจะแบ่งเซลล์ออกไปเรื่อยๆ ทำให้ช่วยในการเจริญเติบโต เพราะเซลล์มันก็แบ่งตามอายุที่เพิ่มขึ้น” (S422: การสัมภาษณ์แนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

สำหรับนักเรียนบางคนก็เข้าใจถูกต้องว่า ลักษณะทางพันธุกรรมของเซลล์ใหม่ เหมือนกับเซลล์เดิม แต่ก็เข้าใจคลาดเคลื่อนว่า เซลล์ใหม่มีจำนวนโครโมโซมเพิ่มขึ้นจากเซลล์เดิม ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

“เซลล์มีโครโมโซมเพิ่มขึ้น มีลักษณะทางพันธุกรรมเหมือนเดิม” (S448: แบบวัด แนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

อย่างไรก็ตามมีนักเรียนร้อยละ 14.67 ที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (MC) โดยนักเรียน เข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับความสำคัญ จำนวน และลักษณะทางพันธุกรรมของเซลล์ใหม่ที่ได้จากการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

“โครโมโซมจะมีจำนวนมากกว่าเดิม เพิ่มขึ้นอีก 4 คู่จากเดิมและมีลักษณะทาง พันธุกรรมไม่เหมือนเดิม” (S420: แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

“การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสมีลักษณะคล้ายไฮดราที่แตกหน่อออกไป มีจำนวน มากกว่าเซลล์เริ่มต้น จำนวนโครโมโซมไม่เหมือนเซลล์เริ่มต้นอาจมีประสิทธิภาพน้อยกว่าเซลล์ เริ่มต้น” (S468: แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

“อาจมีจำนวนมากขึ้น และอาจมีรูปร่างไม่เหมือนกัน แต่คล้ายคลึงกัน” (S437: แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

ทั้งนี้ยังนักเรียนร้อยละ 1.33 ที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (SC) โดยนักเรียนเข้าใจ ถูกต้องว่า การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสเป็นการแบ่งเซลล์เพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์ร่างกาย เซลล์ใหม่ที่ได้ มีจำนวนโครโมโซมและลักษณะทางพันธุกรรมเหมือนกับเซลล์เริ่มต้น

หลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER นักเรียนครึ่งหนึ่ง (ร้อยละ 50.67) มี แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (SC) โดยนักเรียนอธิบายเกี่ยวกับความสำคัญของการแบ่งเซลล์แบบไมโท ซีส จำนวนโครโมโซมในเซลล์ใหม่ และลักษณะทางพันธุกรรมของเซลล์ใหม่ที่ได้จากการแบ่งเซลล์ แบบไมโทซิสได้ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“(การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส) โครโมโซมจะมีจำนวนเท่าเดิม เพราะโครโมโซม เซลล์ใหม่จะเหมือนเดิมทุกประการ / การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสเป็นการแบ่งเซลล์ร่างกายเพื่อการ เจริญเติบโตหรือการสืบพันธุ์” (S413: แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

“หากโครโมโซม แบบไมโทซิส เมอะไรนะ ..เมทาเฟส.. (จำนวนโครโมโซม) เท่าเดิม เท่ากับหก (ความสำคัญของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส คือ) แบ่งเซลล์ร่างกายเพื่อการเจริญเติบโต” (S471: การสัมภาษณ์แนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

“การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ความสำคัญ เป็นการแบ่งเซลล์ของร่างกายเพื่อการ เจริญเติบโตในสิ่งมีชีวิตทั่วไปและเป็นการแบ่งเซลล์เพื่อการสืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว ลักษณะ สำคัญได้เซลล์ใหม่จำนวน 2 เท่าของเซลล์เดิม มีจำนวนโครโมโซมของเซลล์ใหม่เท่ากับเซลล์เดิม และมีลักษณะทางพันธุกรรมเหมือนกับเซลล์เดิม” (S467 อนุทินของนักเรียน : การแบ่งเซลล์แบบไม โทซิส)

นอกจากนี้นักเรียนร้อยละ 38.67 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (PC) โดยนักเรียนเข้าใจถูกต้องเกี่ยวกับความสำคัญของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส แต่นักเรียนยังไม่สามารถอธิบายเกี่ยวกับจำนวนเซลล์ใหม่ที่ได้จากการแบ่งเซลล์ จำนวนโครโมโซมและลักษณะทางพันธุกรรมในเซลล์ใหม่ หรืออธิบายไม่ได้อย่างใดอย่างหนึ่ง ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

“(การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส) เซลล์ใหม่ที่เกิดจะมีลักษณะทางพันธุกรรมเหมือนกับเซลล์เริ่มต้น เพราะว่าการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสจะไม่เกิด) ปฏิกริยาที่มีผลกระทบต่อ การแบ่งเซลล์ / การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสเพื่อการเจริญเติบโต” (S420: แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

“(การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส) จาก 1 เซลล์จะเพิ่มเป็น 2 เซลล์ เซลล์ใหม่จะมีลักษณะทางพันธุกรรมเหมือนกันกับเซลล์เริ่มต้นและสามารถแบ่งต่อไปได้อีก / การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสสำคัญในการเจริญเติบโต” (S444: แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

“การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสเป็นการแบ่งเซลล์ที่แบ่งเป็น 4 ระยะ เป็นการแบ่งเซลล์เพื่อให้ร่างกายเจริญเติบโตในสิ่งมีชีวิต และเป็นการแบ่งเซลล์เพื่อการสืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว” (S420 อนุทินของนักเรียน : การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส)

“การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสเป็นการแบ่งเซลล์ของร่างกายเพื่อการเจริญเติบโตในสิ่งมีชีวิตทั่วไป ลักษณะสำคัญได้เซลล์ใหม่จำนวน 2 เท่าของเซลล์เดิม มีจำนวนโครโมโซมของเซลล์ใหม่เท่ากับเซลล์เดิม” (S444 อนุทินของนักเรียน : การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส)

ส่วนนักเรียนร้อยละ 9.33 — เท่านั้นที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC/MC) โดยนักเรียนส่วนมากในกลุ่มนี้เข้าใจถูกต้องว่า การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสเป็นการแบ่งเซลล์เพื่อการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตโดยทั่วไป และลักษณะทางพันธุกรรมของเซลล์ใหม่เหมือนกับเซลล์เดิม แต่นักเรียนก็เข้าใจคลาดเคลื่อนว่า จำนวนโครโมโซมในเซลล์ใหม่ที่ได้เพิ่มเป็น 2 เท่าของเซลล์เดิม ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่ว่า

“(การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส) มี 4 โครโมโซม (เซลล์เริ่มต้นมีโครโมโซม 4 แท่ง) และมีลักษณะทางพันธุกรรมเหมือนกับเซลล์เริ่มต้น / การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสสำคัญในการเจริญเติบโต” (S440: แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

นอกจากนี้นักเรียนบางคนก็เข้าใจถูกต้องว่า การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสเป็นการแบ่งเซลล์เพื่อการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตโดยทั่วไป และลักษณะทางพันธุกรรมของเซลล์ใหม่เหมือนกับเซลล์เดิม แต่นักเรียนก็เข้าใจคลาดเคลื่อนว่า จำนวนเซลล์ใหม่ที่ได้เพิ่มเป็น 4 เท่าของเซลล์เดิม อีกทั้งไม่ได้รับรู้จำนวนโครโมโซมในเซลล์ใหม่ และมีนักเรียนบางคนก็เข้าใจถูกต้องว่า การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส โครโมโซมของเซลล์ใหม่เหมือนกับเซลล์เดิม แต่นักเรียนก็เข้าใจคลาดเคลื่อนว่า การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสเป็นการแบ่งเซลล์เพื่อการสืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต

อย่างไรก็ตามหลังการเรียนรู้ในเรื่องนี้แล้วมีนักเรียนเพียงร้อยละ 1.33 ที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (MC) โดยเข้าใจว่า การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสทำให้ได้เซลล์ใหม่ที่ลักษณะพันธุกรรม

ไม่เหมือนเซลล์เดิม และมีจำนวนโครโมโซมในเซลล์ใหม่เพิ่มขึ้น แต่ไม่มีนักเรียนที่ไม่ตอบคำถาม หรือไม่มีแนวคิด (NC) เรื่องนี้

7. แนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส

ในแนวคิดเรื่องนี้ คำถามได้ให้นักเรียนอธิบายความสำคัญและลักษณะของการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ซึ่งแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อธิบายว่า “การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส จำนวนเซลล์ใหม่ที่ได้จะเป็นสี่เท่าของเซลล์เดิม จำนวนโครโมโซมในเซลล์ใหม่ที่ได้จะลดลงเป็นครึ่งหนึ่งของเซลล์เดิม และเซลล์ใหม่จะมีลักษณะทางพันธุกรรมแตกต่างจากเซลล์เดิม การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสเป็นการแบ่งเซลล์เพื่อการสืบพันธุ์ในสิ่งมีชีวิตโดยทั่วไป” ผลปรากฏว่า ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER จำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มแนวคิดแตกต่างกัน ดังตาราง 29

ตาราง 29 ความถี่และร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่มแนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส (n=75)

คะแนน	กลุ่มแนวคิด	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)	
		ก่อนเรียน	หลังเรียน
0	ไม่มีแนวคิด ไม่ตอบคำถาม ตอบทวนคำถาม (NC)	22 (29.33)	0 (0.00)
1	แนวคิดคลาดเคลื่อน (MC)	35 (46.67)	0 (0.00)
2	แนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC/MC)	16 (22.33)	11 (14.67)
3	แนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (PC)	1 (1.33)	18 (24.00)
4	แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (SC)	1 (1.33)	46 (61.33)
รวม		75 (100.00)	75 (100.00)

หมายเหตุ: SC : Scientific Conceptions; PC : Partial Scientific Conceptions, PC/MC : Partial Scientific Conceptions with Misconceptions, MC : Misconceptions, NC: No answer or No Conception

จากตาราง 29 แสดงให้เห็นว่า ก่อนเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER มีนักเรียนร้อยละ 29.33 ที่ไม่ตอบคำถามหรือไม่มีแนวคิด (NC) ส่วนนักเรียนร้อยละ 46.67 มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (MC) โดยนักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับความสำคัญ จำนวน และลักษณะทางพันธุกรรมของเซลล์ใหม่ที่ได้จากการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

“(การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส) จะมีโครโมโซมเพิ่มขึ้นมากกว่าเดิม และเซลล์ใหม่จะมีลักษณะทางพันธุกรรมที่เหมือนกับเซลล์เดิม เนื่องจากเกิดการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม / แตกต่างกันเพราะ การแบ่งเซลล์จะมีหลายรูปแบบที่ต่างกันออกไปจะเกิดการแบ่งลักษณะหรือเหมือนเดิมก็ได้” (S403: แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

“(การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส) มีโครโมโซมเท่ากับ 6 และเซลล์ใหม่มีลักษณะทางพันธุกรรมเหมือนกับเซลล์เริ่มต้น / มีความสำคัญ คือ พันธุกรรมที่ได้มาตามโครโมโซมจากเซลล์เริ่มต้น” (S452: แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

“(การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส) ถ้าแบ่งออกมา (โครโมโซม) มันก็จะเท่ากับจำนวนโครโมโซมตัวเดิม (ลักษณะทางพันธุกรรมของเซลล์ใหม่และเซลล์เริ่มต้น) ต่างกันละ ความสำคัญไม่ต่าง ต่างกันที่ขนาด (เป็นการแบ่งเซลล์เพื่อ) เพื่อทดแทนเซลล์ที่เสียไป” (S446: การสัมภาษณ์แนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

นอกจากนี้มื่อนักเรียนร้อยละ 22.33 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC/MC) โดยนักเรียนเข้าใจถูกต้องเกี่ยวกับจำนวนโครโมโซมของเซลล์ใหม่ที่ได้จากการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส แต่นักเรียนก็เข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับ ลักษณะทางพันธุกรรมและความสำคัญของการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส หรือนักเรียนเข้าใจถูกต้องเกี่ยวกับความสำคัญของการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส แต่เข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับจำนวนโครโมโซมของเซลล์ที่ได้จากการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

“(การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสจะลดลงจาก 6 เป็นครึ่งหนึ่ง) จำนวนโครโมโซมเท่ากับ 3 โครโมโซมต่อเซลล์ เซลล์ใหม่จะมีลักษณะทางพันธุกรรมที่เหมือนเพราะเป็นการแบ่งภายในเซลล์ / ไมโอซิสเป็นการแบ่งเซลล์ภายในเซลล์” (S406: แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

“(การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสเซลล์ใหม่ที่ได้มีลักษณะเหมือนเซลล์เริ่มต้น) เหมือนกัน ไม่มีอย่างอื่นด้วย เช่น การแบ่งเซลล์พืช (การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสมีความสำคัญ คือ) เพื่อสืบพันธุ์” (S471: การสัมภาษณ์แนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

สำหรับนักเรียนร้อยละ 1.33 ที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (SC) โดยนักเรียนเข้าใจว่า ลักษณะทางพันธุกรรมของเซลล์ใหม่ที่ได้จากการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสแตกต่างจากเซลล์เริ่มต้น แต่นักเรียนยังไม่สามารถอธิบายถึงความสำคัญและจำนวนเซลล์ใหม่ที่ได้จากการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส อย่างไรก็ตามมีนักเรียนเพียงร้อยละ 1.33 ที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (SC) โดยนักเรียนเข้าใจถูกต้องเกี่ยวกับ ความสำคัญ จำนวน และลักษณะทางพันธุกรรมของเซลล์ใหม่ที่ได้จากการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส

หลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 61.33 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (SC) โดยนักเรียนอธิบายได้ว่า การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสเป็นการแบ่งเซลล์เพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์ จำนวนโครโมโซมในเซลล์ใหม่ลดลงเป็นครึ่งหนึ่งของเซลล์เดิม และลักษณะทางพันธุกรรมของเซลล์แตกต่างไปจากเดิม ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“(การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส) เซลล์ใหม่จะมีโครโมโซมลดลงครึ่งหนึ่งและอาจจะมีลักษณะทางพันธุกรรมแตกต่างจากเซลล์เดิม / ไมโอซิสแบ่งเซลล์เพื่อการสืบพันธุ์” (S432: แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

“(การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส) 1 เซลล์เป็น 4 เซลล์ เซลล์ใหม่ที่ได้จะมีลักษณะเซลล์แตกต่างจากเซลล์เริ่มต้นเพราะมีจำนวนโครโมโซมแค่ครึ่งเดียวและไม่สามารถแบ่งต่อได้ / การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสสำคัญในการสืบพันธุ์” (S440: แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

“(การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส) เซลล์ใหม่จะมีโครโมโซมลดลงครึ่งหนึ่ง และอาจมีลักษณะแตกต่างกับเซลล์เดิม / การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสเป็นการแบ่งเซลล์เพื่อการสืบพันธุ์” (S458: แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

“เมทาเฟส ของแบบไมโอซิส...เมทาเฟสวันละ ถ้าเมทาเฟสจะแบ่งโครโมโซมไปอีกคู่

หนึ่ง จากหนึ่งเป็นสี่ละ เป็นแปดละ ระบบสืบพันธุ์ เป็นการแบ่งเซลล์เพื่อระบบสืบพันธุ์ละ” (S422: การสัมภาษณ์แนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

“ไมโอซิสเป็นการแบ่งเซลล์สืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต จำนวนโครโมโซมที่ได้จะลดลงครึ่งหนึ่งจากจำนวนโครโมโซมเริ่มต้น จำนวนเซลล์ที่เกิดขึ้นมีจำนวนเป็น 4 เท่าของเซลล์เดิม ไมโอซิสมีการแบ่งเซลล์ 2 ช่วง คือ ไมโอซิส I เป็นการแบ่งโครโมโซมคู่เหมือน และไมโอซิส II เป็นการแบ่งโครมาทิด” (S423 อนุทินของนักเรียน : การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส)

นอกจากนี้นักเรียนร้อยละ 24.00 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (PC) โดยนักเรียนบางส่วนเข้าใจถูกต้องเกี่ยวกับความสำคัญของการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส แต่นักเรียนยังไม่สามารถอธิบายเกี่ยวกับจำนวนโครโมโซมและลักษณะทางพันธุกรรมในเซลล์ใหม่ หรืออธิบายได้เพียงอย่างเดียวหนึ่ง ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

“การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสเป็นการแบ่งเซลล์ของเซลล์สืบพันธุ์” (S408: แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

“การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส เป็นการแบ่งเซลล์เพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์และมีลักษณะทางพันธุกรรมและโครโมโซมในเซลล์ใหม่อาจเปลี่ยนแปลงและแตกต่างกัน” (S431 อนุทินของนักเรียน : การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส)

แต่นักเรียนบางส่วนเข้าใจถูกต้องเกี่ยวกับความสำคัญของการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส จำนวนเซลล์ใหม่ที่ได้จากการแบ่งเซลล์และลักษณะทางพันธุกรรมในเซลล์ใหม่ แต่นักเรียนยังไม่สามารถอธิบายเกี่ยวกับจำนวนโครโมโซมในเซลล์ใหม่ที่ได้จากการแบ่งเซลล์เป็นเท่าใด ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

“(การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส) เซลล์ใหม่มีจำนวนเป็น 4 เท่าของเซลล์เริ่มต้นและมีลักษณะทางพันธุกรรมต่างกับเซลล์เริ่มต้น / ไมโอซิสเป็นการแบ่งเซลล์สืบพันธุ์” (S429: แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

สำหรับนักเรียนบางส่วนเข้าใจถูกต้องเกี่ยวกับความสำคัญของการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส และจำนวนเซลล์ใหม่ที่ได้ แต่นักเรียนยังไม่สามารถอธิบายถึงลักษณะของเซลล์ใหม่และจำนวนโครโมโซมในเซลล์ใหม่ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

“ไมโอซิสค่ะ เมตาเฟสค่ะ เมตาเฟส 1 ค่ะ เพราะโครโมโซมมาเรียงกันตรงกลาง (ถ้าแบ่งเซลล์แบบนี้สองรอบจะได้เซลล์ใหม่กี่เซลล์) 16 เซลล์ค่ะ (เป็นการแบ่งเซลล์เพื่อ) สร้างเซลล์สืบพันธุ์ค่ะ” (S472: การสัมภาษณ์แนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์)

“การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส เกิดขึ้นกับเซลล์ที่จะมีหน้าที่ให้กำเนิดเซลล์สืบพันธุ์จึงเป็นการแบ่งเซลล์ เพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์ เริ่มจาก 1 เซลล์แบ่ง 2 ครั้ง ได้เป็น 4 เซลล์ใหม่” (S448 อนุทินของนักเรียน : การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส)

ส่วนนักเรียนร้อยละ 14.67 เท่านั้นที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC/MC) โดยนักเรียนบางส่วนเข้าใจถูกต้องว่า การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสเป็นการแบ่งเซลล์เพื่อการสืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตโดยทั่วไป แต่นักเรียนก็เข้าใจคลาดเคลื่อนว่า จำนวนโครโมโซมในเซลล์ใหม่ที่ได้เพิ่มขึ้นจากเซลล์เดิม หรือนักเรียนบางส่วนเข้าใจถูกต้องว่า การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสเป็นการแบ่งเซลล์เพื่อการสืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตโดยทั่วไป ลักษณะทางพันธุกรรมของเซลล์ใหม่ที่ได้แตกต่างจากเซลล์เดิม แต่นักเรียนก็เข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับจำนวนโครโมโซมในเซลล์ใหม่โดยอาจบอกว่าเพิ่มขึ้นหรือเท่ากับเซลล์เดิม อย่างไรก็ตามหลังเรียนไม่มีนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (MC) และนักเรียนที่ไม่ตอบคำถามหรือไม่มีแนวคิด (NC) ในเรื่องนี้

3. ผลของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER ที่มีต่อความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หรือไม่ อย่างไร

จากการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในภาพรวมของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER ซึ่งผลการเปรียบเทียบ มีรายละเอียด ดังตาราง 30

ตาราง 30 คะแนนความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในภาพรวมของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา ก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER

สิ่งที่ศึกษา	N	k	ก่อนเรียน		หลังเรียน		t	P-value
			$\bar{X}_1$	S.D.	$\bar{X}_2$	S.D.		
ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	75	24	13.52	2.87	17.73	2.20	-12.268	0.000

* $p < .05$

จากตาราง 30 พบว่า ก่อนเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER นักเรียนมีค่าคะแนนเฉลี่ยของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เท่ากับ 13.52 และมีค่าความเบี่ยงเบน

มาตรฐานเท่ากับ 2.87 แต่หลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER นักเรียนมีค่าคะแนนเฉลี่ยของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เท่ากับ 17.73 และมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.20 ซึ่งแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ทั้งนี้ผู้วิจัยขอนำเสนอรายละเอียดของความถี่และร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่มความเข้าใจแต่ละลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ดังตาราง 31

ตาราง 31 ความถี่และร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่มความเข้าใจ

ด้าน	ความถี่และร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่มความเข้าใจ							
	I		T		N		NU	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน
1	0 (0.00)	2 (2.67)	65 (86.67)	72 (96.00)	10 (13.33)	1 (1.33)	0 (0.00)	0 (0.00)
2	0 (0.00)	3 (4.00)	54 (72.00)	68 (90.67)	0 (0.00)	0 (0.00)	21 (28.00)	4 (5.33)
3	0 (0.00)	21 (28.00)	49 (65.33)	52 (69.33)	0 (0.00)	0 (0.00)	26 (34.67)	2 (2.67)
4	0 (0.00)	15 (20.00)	34 (45.33)	46 (60.33)	40 (53.33)	14 (18.67)	1 (1.33)	0 (0.00)
5	0 (0.00)	15 (20.00)	65 (86.67)	56 (74.67)	0 (0.00)	0 (0.00)	10 (13.33)	4 (5.33)
6	2 (2.67)	28 (37.33)	70 (93.33)	46 (61.33)	1 (1.33)	1 (1.33)	2 (2.67)	0 (0.00)
7	1 (1.33)	43 (57.33)	65 (86.67)	32 (42.67)	6 (8.00)	0 (0.00)	3 (4.00)	0 (0.00)
8	3 (4.00)	45 (60.00)	65 (86.67)	30 (40.00)	3 (4.00)	0 (0.00)	3 (4.00)	0 (0.00)
รวม	0.75 (1.00)	21.50 (28.67)	58.38 (77.84)	50.25 (67.00)	7.50 (10.00)	2.00 (2.66)	8.25 (11.00)	1.25 (1.67)

หมายเหตุ : I : Informed, T : Transitional, N : Naive, NU: No answer or No Understanding, 1: ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้, 2: วิทยาศาสตร์อาศัยทั้งการสังเกตและการลงความเห็น, 3: วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน, 4: กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความหลากหลาย, 5: ความเป็นอัตนัยของนักวิทยาศาสตร์มีผลต่อการทำงานทางวิทยาศาสตร์, 6: ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการมีผลต่อการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์, 7: วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมทางสังคม, 8: วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม มีผลกระทบซึ่งกันและกัน

จากตาราง 31 แสดงให้เห็นว่า ผลของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER ที่มีต่อการส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ทำให้จำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มความเข้าใจในลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านต่างๆ ก่อนเรียนและหลังเรียนมีความแตกต่างกัน ทั้งนี้พบว่า หลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER นักเรียนในกลุ่มที่มีความเข้าใจสอดคล้องกับมติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (I) มีจำนวนเพิ่มขึ้นในทุกลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ส่วนกลุ่มที่มีความเข้าใจไม่สอดคล้องกับมติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (N) รวมทั้งกลุ่มที่ไม่มีความเข้าใจ (NU) มีจำนวนลดลงในทุกลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจน และแม้ว่าจำนวนนักเรียนในกลุ่มที่มีความเข้าใจในระยะปรับเปลี่ยน (T) จะมีมากที่สุดในการเก็บลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ แต่ถ้าวัดพิจารณาในภาพรวมก็ถือว่าจำนวนลดลงเช่นเดียวกัน

โดยก่อนเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER นักเรียนในกลุ่มที่มีความเข้าใจในระยะปรับเปลี่ยน (T) พบมากที่สุดในการสังเกตและจินตนาการมีผลต่อการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (ร้อยละ 93.33) รองลงมาคือ ความเป็นอัตนัยของนักวิทยาศาสตร์มีผลต่อการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ (ร้อยละ 86.67) วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมทางสังคม (ร้อยละ 86.67) วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมมีผลกระทบซึ่งกันและกัน (ร้อยละ 86.67) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ (ร้อยละ 86.67) วิทยาศาสตร์อาศัยทั้งการสังเกตและการลงความเห็น (ร้อยละ 72.00) วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน (ร้อยละ 65.33) และกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความหลากหลาย (ร้อยละ 45.33) ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าจำนวนนักเรียนในกลุ่มที่มีความเข้าใจไม่สอดคล้องกับมติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (N) มากที่สุดในด้าน กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความหลากหลาย (ร้อยละ 53.33) โดยเป็นที่น่าสังเกตว่าในด้านวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน (ร้อยละ 34.67) นักเรียนในกลุ่มที่ไม่มีความเข้าใจ (NU) ค่อนข้างสูง สำหรับนักเรียนในกลุ่มที่มีความเข้าใจสอดคล้องกับมติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (I) พบเป็นจำนวนเพียงเล็กน้อยในด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมมีผลกระทบซึ่งกันและกัน (ร้อยละ 5.33) ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการมีผลต่อการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (ร้อยละ 2.67) และวิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมทางสังคม (ร้อยละ 1.33)

หลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER นักเรียนส่วนใหญ่ยังมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อยู่ในกลุ่มที่มีความเข้าใจในระยะปรับเปลี่ยน (T) ประกอบด้วย ด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ (ร้อยละ 96.00) รองลงมาคือ วิทยาศาสตร์อาศัยทั้งการสังเกตและการลงความเห็น (ร้อยละ 90.67) ความเป็นอัตนัยของนักวิทยาศาสตร์มีผลต่อการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ (ร้อยละ 74.67) วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน (ร้อยละ 69.34) ด้านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความหลากหลาย (ร้อยละ 61.33) ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการมีผลต่อการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (ร้อยละ 61.33) วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมทางสังคม (ร้อยละ 42.67) และวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมมีผลกระทบซึ่งกันและกัน (ร้อยละ 40.00) อย่างไรก็ตามยังมีนักเรียนในกลุ่มที่มีความเข้าใจสอดคล้องกับมติประชาคม

ทางวิทยาศาสตร์ (I) พบมากที่สุดในด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมมีผลกระทบซึ่งกันและกัน (ร้อยละ 60.00) วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมทางสังคม (ร้อยละ 57.33) โดยด้านที่นักเรียนมีความเข้าใจสอดคล้องกับมิติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (I) น้อยที่สุด คือ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ (ร้อยละ 2.67) ถัดจากนั้นคือ วิทยาศาสตร์อาศัยทั้งการสังเกตและการลงความเห็น (ร้อยละ 4.00) อย่างไรก็ตามยังมีนักเรียนในกลุ่มที่มีความเข้าใจไม่สอดคล้องกับมิติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (N) เฉพาะในด้านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความหลากหลาย (ร้อยละ 18.67) และความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ (ร้อยละ 1.33) ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการมีผลต่อการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (ร้อยละ 1.33) สำหรับนักเรียนกลุ่มที่ไม่มีความเข้าใจ (NU) ยังคงพบในด้านวิทยาศาสตร์อาศัยทั้งการสังเกตและการลงความเห็น (ร้อยละ 5.33) ความเป็นอัตโนมัติของนักวิทยาศาสตร์มีผลต่อการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ (ร้อยละ 5.33) และวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน (ร้อยละ 2.67)

สำหรับรายละเอียดผลของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER ที่มีต่อการส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในแต่ละลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในการพิจารณาความเข้าใจของนักเรียนจะพิจารณาจากการตอบคำถามในแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นหลัก ทั้งนี้ในการนำเสนอตัวอย่างความเข้าใจของนักเรียนในแต่ละกลุ่มความเข้าใจ ได้มีการพิจารณาข้อมูลจากการสัมภาษณ์ความเข้าใจและอนุทินของนักเรียนมาประกอบเพิ่มเติม ซึ่งอนุทินของนักเรียนจะมีเฉพาะส่วนหลังเรียนเท่านั้น ผู้วิจัยขอนำเสนอในรูปแบบของตารางประกอบความเรียง ดังนี้

1. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้

ในด้านนี้มีข้อคำถามที่เกี่ยวข้อง คือ คำถามข้อที่ 2 “ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทั้งแนวคิด หลักการ สมมติฐาน กฎ และทฤษฎี ซึ่งปรากฏในหนังสือเรียนวิทยาศาสตร์หรือหนังสืออ่านเพิ่มเติม สามารถเปลี่ยนแปลงได้หรือไม่ อย่างไร” ซึ่งความเข้าใจที่สอดคล้องกับมิติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ คือ “ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้ โดยการเปลี่ยนแปลงอาจเนื่องมาจาก 1) นักวิทยาศาสตร์ใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้และเทคโนโลยีใหม่มาช่วยให้ได้หลักฐานหรือข้อมูลใหม่เพิ่มเติมจากข้อมูลเดิม 2) นักวิทยาศาสตร์เปลี่ยนกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทำให้ได้หลักฐานใหม่ซึ่งขัดแย้งกับหลักฐานเดิมส่งผลให้มีการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ใหม่ขึ้น 3) นักวิทยาศาสตร์ตีความหรือลงความเห็นใหม่จากหลักฐานเดิมจากการเปลี่ยนมุมมอง ความเชื่อ และการใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการของนักวิทยาศาสตร์” ปรากฏว่า ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER จำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มแนวคิดแตกต่างกัน ดังตาราง 32

ตาราง 32 ความถี่และร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่มความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
ด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ (ข้อที่ 2) (n=75)

คะแนน	กลุ่มความเข้าใจ	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)	
		ก่อนเรียน	หลังเรียน
0	ไม่มีความเข้าใจ ไม่ตอบคำถาม ตอบทวนคำถาม (NU)	0 (0.00)	0 (0.00)
1	ความเข้าใจไม่สอดคล้องกับมิติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (N)	10 (13.33)	1 (1.33)
2	ความเข้าใจในระยะปรับเปลี่ยน (T)	65 (86.67)	72 (96.00)
3	ความเข้าใจสอดคล้องกับมิติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (I)	0 (0.00)	2 (2.67)
รวม		75 (100.00)	75 (100.00)

หมายเหตุ : I : Informed, T : Transitional, N : Naive, NU: No answer or No Understanding

จากตาราง 32 แสดงให้เห็นว่า ก่อนการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 86.67) จัดอยู่ในกลุ่มมีความเข้าใจในระยะปรับเปลี่ยน (T) โดยนักเรียนบางส่วนเข้าใจว่า ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ แต่นักเรียนยังไม่สามารถอธิบายเหตุผลหรือปัจจัยที่ทำให้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถการเปลี่ยนแปลงได้ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“สามารถเปลี่ยนแปลงได้ จากการทดลองหาข้อเท็จจริงและตั้งสมมติฐาน ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงอาจจะเปลี่ยนแปลงทุกอย่างได้” (S401: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“เปลี่ยนแปลงได้ ถ้าหลักฐานที่ค้นพบใหม่นั้นถูกต้องสามารถเปลี่ยนแปลงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ โดยความรู้และหลักฐานนั้นต้องมาจากการวิจัยจนได้ข้อสรุปที่ถูกต้องครบถ้วน มีลายเซ็นกำกับจากสถาบันทางวิทยาศาสตร์ที่มาจากต่างประเทศ” (S413: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“เปลี่ยนแปลงได้ เพราะความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถหาเพิ่มเติมได้มากขึ้นจากหนังสือและสามารถเปลี่ยนแปลงได้จากการหาความรู้จากสิ่งใหม่ๆ หลายที่ถูกทำให้ข้อมูลที่เรามาจากการตรวจสอบและหาคำตอบใหม่ได้ทีอาจจะเปลี่ยนไปจากคำตอบเดิมได้” (S451: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“ก็เหมือนกับแบบจำลองอะตอม ดอนตันได้บอกว่า อะตอมเป็นทรงกลมตัน แต่นักวิทยาศาสตร์คนอื่นก็มาบอกอีกว่ามันไม่ใช่ทรงกลมตัน มันก็เป็นแบบของทอมสันบ้าง คนอื่นบ้าง ซึ่งมันก็เปลี่ยนแปลงได้” (S458 : การสัมภาษณ์เพิ่มเติมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

สำหรับนักเรียนบางส่วนเข้าใจว่า ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ แต่นักเรียนก็อธิบายเหตุผลว่า เป็นเพราะเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล เวลา หรือเพราะทุกอย่างไม่

แน่นอน แต่ก็ให้เหตุผลเพิ่มเติมว่า อาจมีการค้นพบปรากฏการณ์ใหม่ๆ แล้วนำมาอธิบายใหม่ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“(ความรู้ทางวิทยาศาสตร์) เปลี่ยนแปลงได้ตามฤดูกาลตามแนวคิดต่างๆ เนื่องจากทฤษฎีที่ใช้แล้วยังสามารถเปลี่ยนแปลงได้เป็นทฤษฎีใหม่ที่ดีกว่าเดิมได้ เช่น การค้นพบโปรตอน อิเล็กตรอน เป็นต้น” (S404: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“(ความรู้ทางวิทยาศาสตร์) สามารถเปลี่ยนแปลงได้เพราะวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่ไม่แน่นอนเสมอไป ถ้าหากมีนักวิทยาศาสตร์ค้นพบทฤษฎีหรือปรากฏการณ์ใหม่ๆ ก็สามารถนำมาแย้งกับทฤษฎีเก่าได้ แต่ต้องอธิบายให้ถูกต้องสมเหตุสมผล” (S420: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

สำหรับนักเรียนบางคนเข้าใจว่า ความรู้ทางวิทยาศาสตร์บางประเภทเปลี่ยนแปลงได้ แต่บางประเภทไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ และเมื่อมีการสัมภาษณ์เพิ่มเติม นักเรียนได้อธิบายดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

“(ความรู้ทางวิทยาศาสตร์) ที่เปลี่ยนแปลงไม่ได้ คือ หลักการที่เชาพิสูจน์มาแล้วนี้เปลี่ยนแปลงไม่ได้ แต่ถ้าเป็นการคาดเดาหรือทฤษฎีนี้ก็สามารถเสนอความคิด เพิ่มแนวคิดไปได้ เปลี่ยนแปลงได้สำหรับทฤษฎีที่ยังไม่ได้พิสูจน์ข้อเท็จจริง” (S468: การสัมภาษณ์เพิ่มเติมเกี่ยวกับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

นอกจากนี้ยังมีนักเรียนร้อยละ 13.33 มีความเข้าใจไม่สอดคล้องกับมติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (N) ว่า ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ เพราะเป็นความรู้ที่ได้รับการยอมรับ มีการพิสูจน์และทดลองมาแล้ว เป็นข้อเท็จจริง ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน

“อาจไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ เพราะวิธีการทางวิทยาศาสตร์นั้นเป็นสิ่งจำเป็น และเป็นข้อเท็จจริง” (S402: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ เนื่องจากเป็นสิ่งที่ผ่านการทดสอบและผ่านมือนักวิชาการมาแล้วย่อมเป็นหนังสือได้” (S454: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

หลังเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 96.00) ยังคงจัดอยู่ในกลุ่มมีความเข้าใจในระยะปรับเปลี่ยน (T) เพราะนักเรียนเข้าใจว่า ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ แม้ว่านักเรียนจะอธิบายได้เป็นเหตุเป็นผลว่า ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้เพราะเหตุใด แต่นักเรียนยังไม่สามารถอธิบายเหตุผลที่ทำให้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้อย่างครบถ้วน ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ข้อเท็จจริงอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงได้ ทุกสิ่งสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา ถ้ามีผู้ค้นคว้าต่อและวิจัยเกี่ยวกับทฤษฎี กฎ หลักการ แนวคิด ข้อเท็จจริง สมมติฐานของตนเองที่ศึกษาต่อนั้นๆ” (S401: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ถ้าหากมีคนค้นพบหลักฐานใหม่ เพราะวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน เพื่อจะนำมาพิสูจน์สมมติฐาน” (S405: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ โดยการเปลี่ยนแปลงอาศัยหลักฐานที่เป็นความจริง มีผู้นยอมรับกับแนวคิดที่สร้างขึ้นใหม่หรือเพิ่มเติมจากแนวคิดหรือหลักการเดิม” (S425: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“(ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้เมื่อ) การค้นพบ การทดลองใหม่ๆ เปลี่ยนได้ เช่น สิ่งแวดล้อมที่แปลกใหม่ อาจจะยังไม่ค้นพบสิ่งแวดล้อมใหม่ในโลก (ปรากฏการณ์แปลกใหม่)” (S402: การสัมภาษณ์เพิ่มเติมเกี่ยวกับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“(นอกจากการศึกษาค้นคว้าใหม่ ทดลองใหม่แล้วมีสาเหตุอื่นอีกไหมคะที่ทำให้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้) ก็จะมีแนวคิดค่ะ ถ้าเรามีแนวคิดใหม่นำมาเผยแพร่ให้ แล้วก็มีกรยอมรับค่ะ ก็สามารถเปลี่ยนแปลงได้แล้วค่ะ เทคโนโลยีมีค่ะ เทคโนโลยีสามารถทำให้เกิดความรู้ใหม่ แนวคิดใหม่ แล้วก็พัฒนาไปเรื่อยๆ ค่ะ” (S474: การสัมภาษณ์เพิ่มเติมเกี่ยวกับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้จากกระบวนการคิดวิเคราะห์” (S475 อนุทินของนักเรียน : ความหมายของเซลล์)

“ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้และต้องอาศัยจากการสังเกต การตั้งคำถาม การเปรียบเทียบ การจัดจำแนก การสำรวจตรวจสอบ การทดลอง การวิจัย การเก็บรวบรวมข้อมูลหลักฐาน ซึ่งวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานที่ชัดเจนและมีการใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการในการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์” (S450 อนุทินของนักเรียน : ความหมายของเซลล์)

“ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ด้วยหลักฐานที่มาจาก การสังเกต การศึกษาค้นคว้า การทดลอง การเปรียบเทียบ การตั้งคำถาม นำไปสู่ความจริงทางวิทยาศาสตร์” (S430 อนุทินของนักเรียน : การเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์)

“ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ เพราะมีการค้นพบ ทดลองใหม่ และมีหลักฐานที่มีความน่าเชื่อถือ” (S466 อนุทินของนักเรียน : การเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์)

“ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ เกิดการสังเกต การรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ การสรุป และการนำเสนอใหม่” (S471 อนุทินของนักเรียน : การเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์)

“ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ถ้ามีการทดลอง มีหลักฐานที่น่าเชื่อถือ และเป็นความรู้ใหม่ วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานและอาศัยทั้งการสังเกตและการลงความเห็น วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมมีผลกระทบซึ่งกันและกัน ถ้าหากสังคมสนับสนุนจะทำให้การทดลองก้าวหน้าและได้ความรู้มากยิ่งขึ้น” (S456 อนุทินของนักเรียน : การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส)

อย่างไรก็ตามมีนักเรียน ร้อยละ 2.67 มีความเข้าใจสอดคล้องกับมติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (I) ว่า ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ทั้งนี้เพราะมีหลักฐานใหม่มาอ้างอิงหรือยืนยัน โดยหลักฐานใหม่อาจมาจากระบวนการศึกษาค้นคว้าแบบใหม่หรือการใช้เทคโนโลยีใหม่ในการศึกษาค้นคว้า หรือนักวิทยาศาสตร์ได้เปลี่ยนมุมมองแนวคิดในการตีความหมายจากหลักฐานเดิมหรือใช้แนวคิดใหม่ในการสร้างข้อสรุปหรือตีความจากหลักฐานที่มีอยู่อีกครั้ง ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่ว่า

“ได้ เมื่อมีพิสูจน์หรือแสดงว่ามีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ตรงกับอันเดิม และต้องมีหลักฐานมายืนยันว่าค้นพบใหม่ และค้นพบได้อย่างไร ต้องมีการทดลองหรือพิสูจน์หลายๆ ครั้ง เพื่อให้ความมั่นใจในการเปลี่ยนแปลงจากอันเดิม ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ได้ตั้งไว้แล้ว อาจจะไม่ผิดแต่มีการเพิ่มเติมหรือเปลี่ยนความคิดใหม่” (S469: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“สามารถเปลี่ยนแปลงได้ถ้ามีการศึกษาใหม่ การทดลองใหม่ เพราะในสมัยก่อนเครื่องมือในการทดลองอาจจะยังทำให้มองเห็นแค่บางส่วน แต่ตอนนี้ถ้าเรามีหลักฐานใหม่ แนวคิดใหม่ ซึ่งได้รับการยอมรับ อาจจะชัดเจนกว่าข้อมูลอันเก่า เพราะมีการทดลองใหม่และได้รับการยอมรับ” (S467: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“(เทคโนโลยีที่เปลี่ยนไปมีผลทำให้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงไปใหม่คะ) มีคะ ช่วยให้หาความรู้เพิ่มเติม ไปศึกษาหาข้อมูลเพิ่มขึ้น เพราะตอนนี้มีเครื่องมือทันสมัยแล้วใช้ใหม่คะ แล้วไปหาความรู้เพิ่มเติมมา” (S467: การสัมภาษณ์เพิ่มเติมเกี่ยวกับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

แต่มีนักเรียนเพียง 1 คน (ร้อยละ 1.33) เท่านั้น ที่ยังคงมีความเข้าใจไม่สอดคล้องกับมติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (N) โดยเข้าใจว่า ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้

2. วิทยาศาสตร์อาศัยทั้งการสังเกตและการลงความเห็น

ในด้านนี้มีข้อคำถามที่เกี่ยวข้อง คือ ในข้อที่ 10 “หนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ มักนิยาม ‘สปีชีส์ (species) หมายถึง กลุ่มของสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะเหมือนกัน และสามารถผสมพันธุ์กันแล้วให้ลูกที่ไม่เป็นหมัน” นักเรียนคิดว่า นักวิทยาศาสตร์แน่ใจได้อย่างไรว่า ลักษณะของสปีชีส์เป็นเช่นนั้น” และข้อที่ 11 “การทดลองคืออะไร และการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยการทดลองเท่านั้นหรือไม่ อย่างไร ยกตัวอย่างประกอบ” โดยความเข้าใจที่สอดคล้องกับมติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ คือ “นักวิทยาศาสตร์แน่ใจได้จากการที่นักวิทยาศาสตร์หลายๆ ท่านได้ทำการสังเกต สำรวจ และทดลองการผสมพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตในสปีชีส์เดียวกัน เพื่อให้ได้หลักฐานมายืนยัน จากนั้นนักวิทยาศาสตร์จึงนำหลักฐานที่ได้จากการสังเกต สำรวจ และทดลองมาลงความเห็นร่วมกัน เพื่อสร้างนิยามของสปีชีส์” และ “การทดลอง เป็นกระบวนการจัดการกับตัวแปรต่างๆ เพื่อทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ และเป็นส่วนหนึ่งในกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หรือกระบวนการเพื่อให้ได้มาซึ่งหลักฐานที่ใช้ในการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งกระบวนการสืบ

เสาะหาความรู้มีหลากหลายกระบวนการ เช่น การสังเกต การสำรวจ การคิดไตร่ตรองเชิงเหตุและผล การคิดสร้างสรรค์และจินตนาการ การพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์บางอย่างต้องอาศัยการทดลอง แต่บางอย่างก็อาศัยการสังเกต การสำรวจ การคิดสร้างสรรค์และจินตนาการ หรือใช้การทดลอง ร่วมกับกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์อื่นๆ” ผลปรากฏว่า ก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER จำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มแนวคิดแตกต่างกัน ดังตาราง 33

ตาราง 33 ความถี่และร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่มความเข้าใจธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์ ด้านวิทยาศาสตร์อาศัยทั้งการสังเกตและการลงความเห็น (ข้อที่ 10,11) (n=75)

คะแนน	กลุ่มความเข้าใจ	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)	
		ก่อนเรียน	หลังเรียน
0	ไม่เข้าใจ ไม่ตอบคำถาม ตอบทวนคำถาม (NU)	21 (28.00)	4 (5.33)
1	ความเข้าใจไม่สอดคล้องกับมิติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (N)	0 (0.00)	0 (0.00)
2	ความเข้าใจในระยะปรับเปลี่ยน (T)	54 (72.00)	68 (90.67)
3	ความเข้าใจสอดคล้องกับมิติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (I)	0 (0.00)	3 (4.00)
รวม		75 (100.00)	75 (100.00)

หมายเหตุ : I : Informed, T : Transitional, N : Naive, NU: No answer or No Understanding

จากตาราง 33 แสดงให้เห็นว่า ก่อนการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 72.00) จัดอยู่ในกลุ่มมีความเข้าใจในระยะปรับเปลี่ยน (T) เพราะนักเรียนเข้าใจว่า นักวิทยาศาสตร์ใช้การสังเกตในการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ แต่นักเรียนยังไม่สามารถอธิบายถึงการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยการลงความเห็นจากหลักฐานที่มาจากการสังเกต หรือการทดลอง ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“มีการสังเกตและทำตามขั้นตอนทางวิทยาศาสตร์” (S432: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“เนื่องจากมีการทดลองและการสังเกตจากสิ่งมีชีวิตที่สำรวจและเก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์” (S453: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“เพราะนักวิทยาศาสตร์ได้ทำการทดลองมาแล้วและการแยกสปีชีส์ต่างๆของสิ่งมีชีวิตซึ่งอาจดู (สังเกต) จากลักษณะภายนอก” (S426: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“การสังเกตการเจริญเติบโตของสปีชีส์นั้นๆ / การทดลอง หมายถึง มันเหมือนการที่แบบ คือ เรามีความอยากรู้อยากเห็นว่าสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์บอกมามันจะเป็นจริงหรือเปล่าเราเลยทำการทดลอง แบบไม่ว่าจะเป็น แบบในนมมีแบง์เยอะ เราเลยมาทดลอง เราสามารถทำซ้ำไป

เรื่อย ๆ และไปถามผู้เชี่ยวชาญในเรื่องนั้นค่ะ สำหรับหนูคิดว่าอาจจะมีการสำรวจ การสังเกตต่าง ๆ ไปเรื่อย ๆ” (S447: การสัมภาษณ์เพิ่มเติมเกี่ยวกับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

นอกจากนี้ยังมีนักเรียนร้อยละ 28.00 มีจัดอยู่ในกลุ่มไม่มีความเข้าใจ ไม่ตอบคำถาม (NU)

หลังเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 90.67) ยังคงจัดอยู่ในกลุ่มมีความเข้าใจในระยะปรับเปลี่ยน (T) แต่นักเรียนสามารถอธิบายและให้เหตุผลสนับสนุนได้มากขึ้นว่า การสังเกตเป็นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อย่างหนึ่ง วิทยาศาสตร์จึงต้องอาศัยการสังเกตเช่นเดียวกันกับการทดลอง แต่นักเรียนยังไม่สามารถสะท้อนความเข้าใจได้ว่า การลงความเห็นก็เป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นนักวิทยาศาสตร์จึงต้องอาศัยการลงความเห็นเช่นเดียวกันกับการสังเกตและการทดลอง ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“ผ่านการทดลองหรือพิสูจน์มาหลายต่อหลายครั้ง และทดลองมาหลากหลายวิธี มีการจดบันทึกและมีข้อสรุปผ่านการยอมรับจากสังคม มีหลักฐานมาอ้างอิง / การทดลองคือการพิสูจน์ พิสูจน์เพื่อที่จะหาความจริงหรือข้อเท็จจริงแต่ในบางครั้ง การหาความจริงหรือข้อเท็จจริงก็ไม่จำเป็นต้องอาศัยการทดลองเสมอไป เช่น นักวิทยาศาสตร์คนหนึ่งได้รับรางวัลโนเบล ซึ่งเป็นที่ยอมรับแก่สังคม ทั้ง ๆ ที่ไม่เคยทดลองสักครั้ง” (S458: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“เนื่องจากนักวิทยาศาสตร์ได้มีการทดลอง สังเกต รวบรวมข้อมูลของสิ่งมีชีวิต และมีหลักฐานทำให้ความรู้วิทยาศาสตร์ถูกถ่ายทอดความรู้และมีคนมาทำเป็นหนังสือ / การทดลอง คือ เมื่อเราตั้งสมมติฐานแล้วเราต้องมีการทดลองเพื่อให้แน่ใจในสมมติฐานที่เราตั้งไว้นั้นเป็นจริงหรือไม่ วิทยาศาสตร์ไม่จำเป็นต้องอาศัยการทดลองเท่านั้น บางสิ่งบางอย่างอาจเป็นความจริงหรือเป็นทฤษฎี เช่น ดวงอาทิตย์ตกทางทิศตะวันตก ซึ่งไม่ต้องทดลองก็ได้” (S432: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“การสังเกตค่ะ มีการสังเกตแล้วก็มีการรวบรวมข้อมูล จากหลายแหล่ง หลายสิ่งมีชีวิต / การสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่จำเป็นต้องอาศัยการทดลองเท่านั้น อย่างเช่น การสังเกตและการรวบรวมข้อมูล เราก็สามารถเอาเรื่องพวกนั้นมาประติดประต่อแล้วก็ความรู้ได้ แล้วก็เป็นหลักฐานได้ด้วย” (S469: การสัมภาษณ์เพิ่มเติมเกี่ยวกับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“นักวิทยาศาสตร์จะให้ความสนใจและความอยากรู้ในการทดลองทางวิทยาศาสตร์ แล้วจึงนำมาสังเกตในเรื่องที่อยากรู้ นักวิทยาศาสตร์จะคิดและทดลองแตกต่างกันไปและมีความคิดสร้างสรรค์” (S453 อนุทินของนักเรียน : นิวเคลียสของเซลล์สิ่งมีชีวิต)

“นักวิทยาศาสตร์ เมื่อเกิดความสงสัยก็จะมีความคิดและจินตนาการเกี่ยวกับเรื่องที่สนใจ และจะมีการสังเกต นำไปสู่การทดลอง วิเคราะห์ ลงความเห็น ซึ่งในแต่ละบุคคลก็อาจไม่มีความคิดที่เหมือนกัน ความรู้ความเชี่ยวชาญก็ต่างกัน” (S448 อนุทินของนักเรียน : นิวเคลียสของเซลล์สิ่งมีชีวิต)

“ลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในการทำการทดลอง เรื่องนิวเคลียสต้องใช้การสังเกตและการทดลอง” (S436 อนุทินของนักเรียน : นิวเคลียสของเซลล์สิ่งมีชีวิต)

อย่างไรก็ตามมีนักเรียนเพียงร้อยละ 4.00 เท่านั้นที่มีความเข้าใจสอดคล้องกับมติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (I) โดยเข้าใจว่า นักวิทยาศาสตร์ได้ทำการสังเกต ทดลอง สืบสวน ร่วมกับความรู้พื้นฐานของนักวิทยาศาสตร์ ในการลงความเห็นจากหลักฐานที่มาจากการสังเกต สืบสวน หรือทดลองหลายๆ ครั้ง ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน

“เพราะนักวิทยาศาสตร์ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ให้ได้หลักฐาน หลักความจริงของลักษณะสปีชีส์ โดยใช้การสังเกต การทดลอง การสืบค้นข้อมูล และอาศัยความรู้พื้นฐานของนักวิทยาศาสตร์ / การทดลอง คือ การหาข้อมูลและหลักฐานจากการทดลองทำให้ได้ข้อมูลที่เป็นจริงมาสรุปผล แต่การพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่จำเป็นต้องอาศัยการทดลองเท่านั้น เพราะยังมีการค้นหาข้อมูลแบบอื่นๆ อีก เช่น การสังเกต ซึ่งสามารถสังเกตและนำมาสรุปผลได้” (S452: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“วิทยาศาสตร์อาศัยทั้งการสังเกตและการลงความเห็น ลงข้อสรุปจากหลักฐานสิ่งที่เราสนใจ แสดงให้เห็นว่าวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน ความรู้ ประสบการณ์ ความเชี่ยวชาญจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ของนักวิทยาศาสตร์มีผลต่อการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์” (S468 อนุทินของนักเรียน : นิวเคลียสของเซลล์สิ่งมีชีวิต)

อย่างไรก็ตามยังมีนักเรียนร้อยละ 5.33 ที่ยังคงไม่มีความเข้าใจ ไม่ตอบคำถาม (NU)

3. วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน

ในด้านนี้มีข้อความคำถามที่เกี่ยวข้อง คือ ข้อที่ 1 “วิทยาศาสตร์คืออะไร และความรู้ทางวิทยาศาสตร์แตกต่างจากความรู้ในสาขาอื่นๆ เช่น ศิลปะ สังคมศึกษา เป็นต้น หรือไม่ อย่างไร” และข้อที่ 10 “หนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ มักนิยาม “สปีชีส์ (species) หมายถึง กลุ่มของสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะเหมือนกัน และสามารถผสมพันธุ์กันแล้วให้ลูกที่ไม่เป็นหมัน นักเรียนคิดว่า นักวิทยาศาสตร์แน่ใจได้อย่างไรว่า ลักษณะของสปีชีส์เป็นเช่นนั้น” โดยความเข้าใจที่สอดคล้องกับมติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ คือ “วิทยาศาสตร์ คือ องค์ความรู้เกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติ กระบวนการคิด กระบวนการได้มาซึ่งองค์ความรู้ รวมทั้งการอธิบายถึงที่มาของการสร้างความรู้และลักษณะของความรู้เหล่านั้น ความรู้ทางวิทยาศาสตร์แตกต่างจากความรู้สาขาอื่นๆ คือ ใช้เหตุและผล มีหลักฐานยืนยัน” และ “นักวิทยาศาสตร์แน่ใจได้จากการที่นักวิทยาศาสตร์ได้ทำการสังเกต สืบสวน และทดลอง การผสมพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตในสปีชีส์เดียวกัน เพื่อให้ได้หลักฐานมายืนยัน จากนั้นนักวิทยาศาสตร์จึงนำหลักฐานที่ได้จากการสังเกต สืบสวน และทดลอง มาลงความเห็นร่วมกันเพื่อสร้างนิยามของสปีชีส์” ผลปรากฏว่า ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER จำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มแนวคิดแตกต่างกัน ดังตาราง 34

ตาราง 34 ความถี่และร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่มความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
ด้านวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน (ข้อที่ 1,10) (n=75)

คะแนน	กลุ่มความเข้าใจ	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)	
		ก่อนเรียน	หลังเรียน
0	ไม่เข้าใจ ไม่ตอบคำถาม ตอบทวนคำถาม (NU)	26 (34.67)	2 (2.67)
1	ความเข้าใจไม่สอดคล้องกับมิติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (N)	0 (0.00)	0 (0.00)
2	ความเข้าใจในระยะปรับเปลี่ยน (T)	49 (65.33)	52 (69.33)
3	ความเข้าใจสอดคล้องกับมิติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (I)	0 (0.00)	21 (28.00)
รวม		75 (100.00)	75 (100.00)

หมายเหตุ : I : Informed, T : Transitional, N : Naive, NU: No answer or No Understanding

จากตาราง 34 แสดงให้เห็นว่า ก่อนการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 65.33) จัดอยู่ในกลุ่มมีความเข้าใจในระยะปรับเปลี่ยน (T) เพราะนักเรียนเข้าใจว่า นักวิทยาศาสตร์ทำการทดลอง เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลหรือหลักฐานมาอ้างอิงหรือยืนยันในการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้นักเรียนยังเข้าใจว่า หลักฐานหรือข้อมูลที่นักวิทยาศาสตร์จะนำมาอ้างอิงต้องมาจากการทดลองเท่านั้นจึงจะได้รับการยอมรับ แต่นักเรียนยังไม่สามารถระบุได้ว่า วิทยาศาสตร์แตกต่างจากสาขาวิชาอื่นๆ เพราะ วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“วิทยาศาสตร์คือสิ่งต่างๆ รอบตัวเรา สิ่งที่เกิดขึ้นมาโดยมีเหตุมีผล เกิดจากการวิเคราะห์และทดลองมาแล้ว แตกต่างจากวิชาอื่นๆ เพราะวิชาอื่นๆ ไม่มีความคิดวิเคราะห์ เรียนจากในหนังสือ ไม่ต้องคิดแบบมีเหตุผลก็ได้ / เพราะนักวิทยาศาสตร์ได้พิสูจน์แล้วว่าพ่อแม่ ถ้าได้ลูก ลูกจะได้พันธุกรรมจากพ่อแม่” (S461: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“วิทยาศาสตร์คือการทดลอง การวิจัยสิ่งมีชีวิต ที่เราสามารถหาคำตอบได้เรื่อยๆ เป็นการศึกษาแบบไร้ขอบเขต มีความแตกต่างจากสาขาอื่นๆ เพราะวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่ไม่แน่นอน เป็นสิ่งที่หาคำตอบได้เรื่อยๆ มีทฤษฎี มีการทดลอง มีการวิจัย และสังเกต ต่างกับสาขาอื่นๆ ที่มีแต่ทฤษฎีที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ / เพราะมีการทดลองมาแล้ว มีตัวอย่างที่น่าเชื่อถือ และข้อมูลที่น่าเชื่อถือ” (S455: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“วิทยาศาสตร์ คือ ทุกสิ่งทุกอย่างที่อยู่ด้วยกันกับเราและรอบๆ ตัวเราไม่ว่าจะเป็นสิ่งมีชีวิตและไม่มีชีวิตก็ตาม วิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างจากความรู้สาขาอื่นๆ เพราะทุกสิ่งทุกอย่างล้วนเป็นวิทยาศาสตร์ทั้งสิ้น เช่น ด้านศิลปะการผสมสี การออกแบบ เป็นต้น / เพราะมีการพิสูจน์และทดลองพร้อมกับการสร้างหลักฐานมาเรียบร้อยแล้ว” (S439: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

นอกจากนี้ยังมีนักเรียนร้อยละ 34.67 มีจัดอยู่ในกลุ่มไม่มีความเข้าใจ ไม่ตอบคำถาม (NU) หรือตอบคำถาม แต่ไม่ได้แสดงถึงความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในลักษณะข้อนี้

หลังเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER แม้ว่านักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 69.33) จัดอยู่ในกลุ่มมีความเข้าใจในระยะปรับเปลี่ยน (T) ดังเช่นก่อนเรียน แต่มีนักเรียนบางส่วน (ร้อยละ 28.00) จัดอยู่ในกลุ่มที่มีความเข้าใจสอดคล้องกับมิติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (I) จากที่ก่อนเรียน ยังไม่มีนักเรียนที่มีความเข้าใจอยู่ในกลุ่มนี้ โดยทั้งนี้ นักเรียนที่มีความเข้าใจในระยะปรับเปลี่ยน (T) อธิบายได้เพียงว่า วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน โดยหลักฐานอาจมาจากการวิจัยหรือการพิสูจน์ ด้วยวิธีการต่างๆ ทั้งการทดลอง การสังเกต การสำรวจ แต่นักเรียนไม่สามารถอธิบายได้ว่า บางหลักฐานอาจได้มาจากหลากหลายกระบวนการร่วมกัน ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“วิทยาศาสตร์ คือ การหาข้อเท็จจริงจากธรรมชาติ ด้วยความรู้ที่สามารถตอบคำถามได้ และความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ไม่แตกต่างจากความรู้ในสาขาอื่นๆ เพราะต้องใช้จินตนาการ และทักษะการวาดรูป ความรู้เชิงสังคม เช่น การออกแบบการแยกเซลล์ของสิ่งมีชีวิต เซลล์เดียว / มีการสำรวจและสังเกตและได้ข้อสรุปมาแล้วว่า สปีชีส์เดียวกันเท่านั้นจึงจะมีการผสมพันธุ์กันได้ เนื่องจากโครโมโซมของแต่ละสปีชีส์จะแตกต่างกันออกไป และด้วยดีเอ็นเอของแต่ละสปีชีส์ด้วย เช่น สปีชีส์ของคนกับคนเมื่อผสมพันธุ์กันแล้วลูกที่เกิดมาจะสามารถสืบพันธุ์ได้อีก” (S454: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“วิทยาศาสตร์อาจจะเป็นสิ่งที่อยู่รอบตัวเรา กระบวนการเพื่อพิสูจน์หาข้อเท็จจริงที่เราสงสัยหรือสิ่งที่เราสนใจ และความรู้ทางวิทยาศาสตร์แตกต่างจากความรู้สาขาอื่นๆ เพราะความรู้ทางวิทยาศาสตร์เกิดจากการพิสูจน์หาข้อเท็จจริง / เพราะนักวิทยาศาสตร์ได้ทำการหาข้อเท็จจริงของนิยามสปีชีส์ ได้อาจจะเป็นเพราะขั้นตอนทางวิทยาศาสตร์และการทดลองทำให้เกิดคำตอบที่แน่นอน” (S422: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“วิทยาศาสตร์ คือ ความรู้ทุกสิ่งสิ่งต่างๆ ที่อยู่รอบตัวเรา ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ไม่แตกต่างจากสาขาอื่นๆ เพราะต้องใช้จินตนาการ ศิลปะในการทดลอง / เพราะนักวิทยาศาสตร์มีการศึกษา การทดลองทางวิทยาศาสตร์ มีการศึกษาค้นคว้าออกมาแล้ว ได้ความรู้ออกมา ได้ผลการทดลองออกมาแล้วว่าสิ่งนั้น มีข้อเท็จจริงอย่างไรบ้าง และได้ผลการทดลองที่ถูกต้องที่สุด” (S406: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสืบค้นหาข้อมูลเกี่ยวกับ เรื่องที่เราสนใจ สามารถทำให้หลากหลายวิธีการทั้งการสังเกต การลงความเห็น การศึกษาจากหนังสือ จากผู้รู้ จากอินเทอร์เน็ต การจินตนาการ การทดลอง การสังเกต โดยต้องมีหลักฐาน” (S416 อนุทินของนักเรียน : วิวัฒนาการของไมโทคอนเดรียและคลอโรพลาสต์)

“ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา โดยการค้นพบสิ่งใหม่ ด้วยการสังเกตและลงความเห็น แล้วมีการทดลองและการเขียนข้อสรุปอย่างมีหลักฐานที่น่าเชื่อถือ” (S422 อนุทินของนักเรียน : การเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์)

“ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ถ้ามีการทดลอง มีหลักฐานที่น่าเชื่อถือ และเป็นความรู้ใหม่ วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานและอาศัยทั้งการสังเกตและการลงความเห็น วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมมีผลกระทบซึ่งกันและกัน ถ้าหากสังคมสนับสนุนจะทำให้การทดลองก้าวหน้าและได้ความรู้มากยิ่งขึ้น” (S456 อนุทินของนักเรียน : การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส)

อย่างไรก็ตามมีนักเรียน ร้อยละ 28.00 มีความเข้าใจสอดคล้องกับมติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (I) ว่า วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน โดยหลักฐานทางวิทยาศาสตร์อาจได้มาจากหลากหลายกระบวนการร่วมกัน ทั้งการสังเกต การสำรวจ การทดลอง การสืบค้น หรือกระทั่งการคิดและจินตนาการ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“วิทยาศาสตร์ คือ สิ่งที่สามารถพิสูจน์ได้ มีหลักฐานและการยืนยัน มีกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ต่างจากวิชาอื่นในการศึกษาการปฏิบัติ เป็นวิชาที่สำคัญกับการใช้ชีวิตประจำวัน / เพราะการศึกษา ทดลอง การหาความรู้ หาหลักฐาน และการพิสูจน์ (ทดลอง สังเกต สำรวจ) และสามารถหาคำตอบได้มีการทำซ้ำหลายๆ ครั้งจนแน่ใจ มีคนคิดแบบเดียวกันมากๆ” (S444: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“วิทยาศาสตร์คือสิ่งที่อยู่รอบตัวเรา ทั้งที่สามารถและต้องได้และต้องไม่ได้ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ไม่แตกต่างจากวิชาอื่นๆ เพราะมีแนวคิดเหมือนกัน สามารถบูรณาการได้เหมือนกันและมีวิธีการสืบเสาะหาความรู้คล้ายๆกัน แต่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยหลักฐานมายืนยันความจริง ใช้เหตุและผลมาตัดสินมาเป็นตัวตั้งความรู้/ เพราะนักวิทยาศาสตร์ได้ค้นคว้าหาข้อมูลและทดลอง และยังไม่มีใครที่จะมาขัดแย้งกับนิยามนี้ และได้มีการยอมรับ มีหลักฐานที่ต้องมายืนยัน โดยหลักฐานนี้จะต้องมีการทดลอง การสืบเสาะหาความรู้ และการยอมรับ” (S474: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“(วิทยาศาสตร์แตกต่างกับสาขาวิชาอื่นๆ หรือไม่ อย่างไร) ถ้าเป็นแบบสังคมก็อาจจะใช้หลักฐานเพราะเกี่ยวข้องกับเรื่องต่างๆ ในชีวิตประจำวัน ส่วนศิลปะก็ใช้จินตนาการแต่ไม่จำเป็นต้องมีหลักฐานก็ได้ อยู่ความคิดและจินตนาการของแต่ละคน แต่วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานความรู้ที่ได้มาอาจต้องใช้กระบวนการเหมือนกัน กระบวนการของแต่ละวิชา อาจจะแตกต่างกันนิดหน่อยแต่ก็มีกระบวนการ / เพราะว่าถ้าเราพูดออกมาเฉยๆ ไม่มีหลักฐานก็อาจจะทำให้ไม่มีความน่าเชื่อถือ ซึ่งข้อมูลอาจจะเท็จก็ได้ ไม่จริง เพราะฉะนั้นเราต้องอาศัยหลักฐานให้น่าเชื่อถือ พิสูจน์ให้คนในสังคมเชื่อถือได้ (นามายืนยัน) ได้” (S452: การสัมภาษณ์เพิ่มเติมเกี่ยวกับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“วิทยาศาสตร์อาศัยการสังเกตและการลงความเห็น กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความหลากหลาย วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน จากการสังเกต ทดลอง เก็บรวบรวม ฯลฯ” (S473 อนุทินของนักเรียน : วิวัฒนาการของไมโทคอนเดรียและคลอโรพลาสต์)

“หลักฐานที่ได้จากการทดลอง การสังเกต จินตนาการ วิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้” (S413 อนุทินของนักเรียน : การเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์)

อย่างไรก็ตามยังมีนักเรียนร้อยละ 2.67 ยังไม่ตอบคำถามหรือไม่มีความเข้าใจ (NU)

4. กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความหลากหลาย

ในด้านนี้มีข้อคำถามที่เกี่ยวข้อง คือ ข้อที่ 5 “การสืบเสาะหาความรู้ของนักวิทยาศาสตร์ต้องเป็นไปตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ซึ่งมีลำดับขั้นตอนชัดเจนแน่นอนเท่านั้น ผลการศึกษาค้นคว้าจึงจะได้รับการยอมรับจากสังคมทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนเห็นด้วยกับข้อความนี้หรือไม่อย่างไร” และข้อที่ 11 “การทดลองคืออะไร และการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยการทดลองเท่านั้นหรือไม่ อย่างไร ยกตัวอย่างประกอบ” โดยความเข้าใจที่สอดคล้องกับมิติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ คือ “กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์มีความหลากหลายไม่จำเป็นต้องเป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจนหรือแน่นอน นักวิทยาศาสตร์สามารถเลือกใช้วิธีการหรือกระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ที่แตกต่างกันไป หรือใช้หลากหลายวิธีการร่วมกันในการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่องใดเรื่องหนึ่ง” และ “การทดลอง เป็นกระบวนการจัดการกับตัวแปรต่างๆ เพื่อทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ และเป็นส่วนหนึ่งในกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หรือกระบวนการเพื่อให้ได้มาซึ่งหลักฐานที่ใช้ในการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งกระบวนการสืบเสาะหาความรู้มีหลากหลายกระบวนการ เช่น การสังเกต การสำรวจ การคิดไตร่ตรองเชิงเหตุและผล การคิดสร้างสรรค์และจินตนาการ การพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์บางอย่างต้องอาศัยการทดลอง แต่บางอย่างก็อาศัยการสังเกต การสำรวจ การคิดสร้างสรรค์และจินตนาการ หรือใช้การทดลองร่วมกับกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์อื่นๆ” ผลปรากฏว่า ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER จำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มแนวคิดแตกต่างกัน ดังตาราง 35

ตาราง 35 ความถี่และร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่มความเข้าใจธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์

ด้านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความหลากหลาย (ข้อที่ 5,11) (n=75)

คะแนน	กลุ่มความเข้าใจ	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)	
		ก่อนเรียน	หลังเรียน
0	ไม่เข้าใจ ไม่ตอบคำถาม ตอบทวนคำถาม (NU)	1 (1.33)	0 (0.00)
1	ความเข้าใจไม่สอดคล้องกับมิติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (N)	40 (53.33)	14 (18.67)
2	ความเข้าใจในระยะปรับเปลี่ยน (T)	34 (45.33)	46 (60.33)
3	ความเข้าใจสอดคล้องกับมิติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (I)	0 (0.00)	15 (20.00)
รวม		75 (100.00)	75 (100.00)

หมายเหตุ : I : Informed, T : Transitional, N : Naive, NU: No answer or No Understanding

จากตาราง 35 ก่อนการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER นักเรียนมากกว่าครึ่งหนึ่ง (ร้อยละ 53.33) จัดอยู่ในกลุ่มมีความเข้าใจไม่สอดคล้องกับมติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (N) เพราะนักเรียนเข้าใจว่า การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่มีลำดับขั้นตอนที่แน่นอน และการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยการทดลองเท่านั้น ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“เห็นด้วย เพราะการค้นคว้าหาความรู้ของนักวิทยาศาสตร์ จำเป็นต้องใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ตามลำดับขั้นตอน เพื่อให้ทำงานเป็นระบบระเบียบ และเป็นขั้นตอน เพื่อให้ผลงานของนักวิทยาศาสตร์ออกมามีคุณภาพมากที่สุด / (การพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ จำเป็นต้องใช้การทดลอง) ใช่ เพราะวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยการทดลองเพื่อให้ทราบถึงสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่าเป็นเช่นไร เช่น การทดสอบความร้อน การนำไฟฟ้า” (S458: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“เห็นด้วยเพราะเป็นขั้นตอนเป็นระเบียบและได้ผลการทดลองที่แน่นอนและรวดเร็ว / การทดลองคือการหาผลสรุปจากทางวิทยาศาสตร์ จึงจำเป็นในการยืนยันข้อมูลสำคัญในขั้นตอน 1 ขั้นตอน” (S444: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“เห็นด้วย เพราะเป็นวิธีการที่แม่นยำและชัดเจนที่สุด / การทดลองเป็นการทำให้แน่ใจในสิ่งนั้นหรือทำได้สิ่งใหม่ๆ ขึ้นมา” (S429: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“ก็กระบวนการของนักวิทยาศาสตร์ อย่างแรกก็คือการตั้งปัญหา ซึ่งปัญหาอาจจะมาจากสมมติฐาน ซึ่งพอเราตั้งสมมติฐาน เราก็จะคิดว่ามันจะเป็นจริงไหม แล้วก็เราจะทดลองทำคะพอทดลองทำแล้วเราก็จะมาดูว่าเป็นยังไง แล้วก็บันทึกผล พอบันทึกผลแล้วก็สรุปผลออกมา แต่การทดลองก็จะไม่ทำครั้งเดียว ต้องทำหลายๆ ครั้ง เพื่อจะแน่ใจว่าเป็นแบบนี้หรือเปล่า เพราะมันเปลี่ยนแปลงได้ / การทดลอง คือสิ่งที่เราเห็นแล้วเราอยากจะลองทำ เหมือนกับว่าเราอยากพิสูจน์คะ เหมือนกับการพิสูจน์ว่า จะเป็นจริงว่าเราจะทำยังไง ก็ส่วนมากเขาจะทดลองกัน ถ้าเราไม่ทดลองเราก็จะไม่รู้ว่าผลมันจะเป็นจริงไหม มันจะออกมายังไงคะ” (S458: การสัมภาษณ์เพิ่มเติมเกี่ยวกับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

นอกจากนี้ยังมีนักเรียนร้อยละ 45.33 มีความเข้าใจในระยะปรับเปลี่ยน (T) โดยนักเรียนบางส่วนเข้าใจว่า การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่จำเป็นต้องทำตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่มีลำดับขั้นตอนที่แน่นอนชัดเจน และการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์อาจไม่ต้องอาศัยการทดลองเท่านั้น อาจอาศัยวิธีการอื่นๆ ได้อีก ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“ไม่ เพราะในการหาความรู้ของนักวิทยาศาสตร์อาจจะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ลำดับขั้นตอนอาจจะมีความไม่ชัดเจน มีความแปลกใหม่ และอาจไม่ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์เพียงอย่างเดียว / การทดลองคือการทำการปฏิบัติเพื่อหาข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์ มีการลงมือทำจริง การพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่จำเป็นต้องอาศัยการทดลองเท่านั้น การหาความรู้ด้วยวิธีอื่นก็ทำได้ เช่น การหาทฤษฎี หาข้อมูล การสำรวจ เป็นต้น” (S457: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“เป็นหลักการทางวิทยาศาสตร์ อย่างแรกก็สังเกต ตั้งสมมติฐาน ตั้งปัญหา หาข้อมูล รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล แล้วก็สรุป ถ้าต้องการความชัดเจน ความน่าเชื่อถือของข้อมูล ก็ต้องทำวิธีการนี้ / (การทดลองคืออะไร) การทดลองก็เป็นการพิสูจน์หาความจริง ก็เราตั้งสมมติฐานมา ตั้งปัญหามา ถ้าเราอยากรู้ความจริงเราก็ต้องทดลอง ถ้าเราอยากรู้ความจริงเราก็ต้องทดลอง เราก็จะเข้าใจตรงนั้นมากขึ้น แล้วก็สรุปผล ถ้าสิ่งสำคัญที่สุดก็น่าจะเป็นการทดลอง สังเกตน่าจะเป็นเริ่มต้น ถ้าเราจะสรุปผลการทดลอง เราก็ต้องสังเกตและทดลองด้วยว่าเป็นยังไง คือเปลี่ยนแปลงยังไง” (S468: การสัมภาษณ์เพิ่มเติมเกี่ยวกับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

สำหรับนักเรียนบางส่วนเข้าใจว่า การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องทำตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่มีลำดับขั้นตอนที่แน่นอนชัดเจน แต่การพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์อาจไม่ต้องอาศัยการทดลองเท่านั้น อาจอาศัยวิธีการอื่นๆ ได้อีก ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนดังนี้

“เห็นด้วย เพราะมีการค้นหอย่างเป็นกระบวนการที่แน่ชัดและการทดลองจะได้ผลลัพธ์ที่จริงและชัดเจนมากขึ้น / การพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่จำเป็นต้องอาศัยการทดลอง การที่จะเป็นนักวิทยาศาสตร์ต้องรู้จักสังเกต การวิเคราะห์หาข้อเท็จจริง การที่จะได้ข้อมูลที่มีประสิทธิภาพต้องตรวจสอบ วิเคราะห์อย่างรอบคอบ” (S418: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“เห็นด้วย เพราะนักวิทยาศาสตร์จะต้องมีการทำงานอย่างวิทยาศาสตร์ เพื่อแสดงว่ามันเป็นข้อเท็จจริงและพิสูจน์ได้ / ไม่ เพราะการทดลองคือวิธีการหาข้อมูลทางวิทยาศาสตร์อย่างหนึ่งเท่านั้น แต่ถ้าการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถทำได้หลายวิธีเช่น การสืบค้น การตั้งสมมติฐาน การวิเคราะห์ เป็นต้น” (S439: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

นอกจากนี้ยังมีนักเรียนร้อยละ 1.33 ที่ยังไม่ตอบคำถามหรือจัดอยู่ในกลุ่มที่ไม่มีความเข้าใจ (NU)

หลังเรียนรู้อยู่รูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER แม้ว่านักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 61.33) จัดอยู่ในกลุ่มมีความเข้าใจในระยะปรับเปลี่ยน (T) แต่มีนักเรียนบางส่วน (ร้อยละ 20.00) จัดอยู่ในกลุ่มมีความเข้าใจสอดคล้องกับมิติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (I) จากที่ก่อนเรียนยังไม่พบว่านักเรียนจัดอยู่ในกลุ่มความเข้าใจนี้ โดยทั้งนี้นักเรียนที่มีความเข้าใจในระยะปรับเปลี่ยน (T) เข้าใจว่า การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่จำเป็นต้องเป็นไปตามลำดับขั้นตอนที่แน่นอน การพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่จำเป็นต้องอาศัยการทดลองเท่านั้น อาจใช้การสังเกต การสำรวจ การคิดไตร่ตรอง หรือวิธีการอื่นๆ แต่นักเรียนยังไม่สามารถอธิบายได้ว่า การพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์บางเรื่องต้องใช้วิธีการอย่างหลากหลายร่วมกันทั้งการสังเกต การสำรวจ การทดลอง ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“ไม่จำเป็นเพราะ การหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่จำเป็นต้องเป็นขั้นตอนวิทยาศาสตร์ทั้งหมดก็ได้ แค่เรามีหลักฐานหรือสิ่งอ้างอิงการศึกษาหรือการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ ก็ทำให้เกิดความน่าเชื่อถือได้ / การทดลองคือ การพิสูจน์หรือการศึกษาโดยมีตัวแปรต้นและตัวแปร

ตามในการทดลอง และการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องทดลอง เช่น การศึกษาหาการทำงานของพืช ของสัตว์ต่างๆ เป็นต้น” (S439: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“ไม่เห็นด้วย เพราะถ้านักวิทยาศาสตร์หาความรู้ที่เป็นไปตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์แต่ความรู้หรือข้อมูลที่ได้มานั้นเป็นเท็จ ไม่น่าเชื่อถือ ไม่ผ่านการพิสูจน์ สังคมทางวิทยาศาสตร์ก็จะไม่ยอมรับ / การทดลองคือการจัดกิจกรรมให้ได้ความรู้ความคิดรวบยอดในเรื่องที่เรียนรู้ โดยการแก้ปัญหาด้วยตนเองหรือกระบวนการกลุ่ม (การพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์) ไม่จำเป็นต้องอาศัยการทดลองเท่านั้น แต่ส่วนใหญ่มักจะใช้การทดลองในการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เช่น เรอยากรู้ว่าแสงมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช เราก็ต้องทดลองเพื่อหาข้อเท็จจริง” (S427: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“ไม่เห็นด้วย เพราะข้อมูลทางวิทยาศาสตร์อาจได้จากความคิดความบังเอิญหรือใช้ข้อมูลจากนักวิทยาศาสตร์คนอื่น แต่กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก็มีความสำคัญในการทดลองเพื่อหาข้อมูลหลักฐานเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวาง / การทดลองคือการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต่างๆ ในการหาหลักฐานที่มีความน่าเชื่อถือมาพิสูจน์ข้อเท็จจริงต่างๆที่อยู่ในสิ่งแวดล้อม ส่วนการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่จำเป็นต้องทดลองก็ได้ เช่น การพบแรงโน้มถ่วง” (S412: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“การทดลอง การสังเกต ความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบอย่างนี้ / การสำรวจหรืออยากจะได้ข้อมูลก็ต้องทำวิธีการที่หลากหลายค่ะ การสังเกต การ เอ่อ การค้นหาข้อมูลเพิ่มเติม” (S456: การสัมภาษณ์เพิ่มเติมเกี่ยวกับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“การเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความหลากหลาย” (S437 อนุทินของนักเรียน : ฉันเป็นโครงสร้างใดในเซลล์สิ่งมีชีวิต)

“การหาความรู้ใหม่ๆ ต้องอาศัยการสังเกต การคิดวิเคราะห์ และความสนใจ” (S458 อนุทินของนักเรียน : ฉันเป็นโครงสร้างใดในเซลล์สิ่งมีชีวิต)

“นักวิทยาศาสตร์จะให้ความสนใจและความอยากรู้ในการทดลองทางวิทยาศาสตร์แล้วจึงนำมาสังเกตในเรื่องที่อยากเรียนรู้ นักวิทยาศาสตร์จะคิดและทดลองแตกต่างกันไปและมีความคิดสร้างสรรค์” (S453 อนุทินของนักเรียน : นิวเคลียสของเซลล์สิ่งมีชีวิต)

ส่วนนักเรียนร้อยละ 20.00 ซึ่งมีความเข้าใจสอดคล้องกับมิติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (I) สามารถอธิบายได้อย่างครอบคลุมว่า การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่จำเป็นต้องใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่มีการเรียงลำดับขั้นตอนที่ชัดเจนแน่นอน และในการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยวิธีการหลากหลายร่วมกัน ทั้งการสังเกต การสำรวจ การทดลอง การใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“ไม่เห็นด้วย เพราะการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่ได้มีแค่วิธีการทางวิทยาศาสตร์เพียงอย่างเดียว เพราะการสืบเสาะหาความรู้มีมากมายหลายรูปแบบที่จะสามารถสร้างหลักฐานขึ้นมาได้ และทำให้มีความน่าเชื่อถือและเป็นที่ยอมรับได้ / การทดลองเป็นการพิสูจน์สมมติฐาน การพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่จำเป็นต้องอาศัยการทดลองเท่านั้น เพราะการ

พัฒนาความรู้สามารถทำได้หลายรูปแบบ เช่น จากการสังเกต การจินตนาการ เป็นต้น” (S456: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“มีหลายวิธีการที่สามารถค้นคว้าหาหลักฐานได้ จากวิธีการต่างๆ แต่อาจจะไม่เป็นไปตามขั้นตอน ข้อมูลนั้นอาจจะไม่เป็นไปตามลำดับขั้นตอน ขึ้นอยู่กับเรื่องที่ต้องการจะหาหลักฐาน / การพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ใช้ทั้ง การสังเกต การทดลอง การรวบรวมหลักฐาน การสรุป และอภิปราย” (S424: การสัมภาษณ์เพิ่มเติมเกี่ยวกับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“ปฏิบัติการสืบเสาะหาความรู้ด้วยวิธีการอันหลากหลาย การสังเกต และการตั้งคำถามการเปรียบเทียบ จัดจำแนก สืบตรวจตรวจสอบ รวบรวมข้อมูลและหลักฐาน การลงความเห็นในรูปแบบต่างๆ” (S422 อนุทินของนักเรียน : วิวัฒนาการของไมโทคอนเดรียและคลอโรพลาสต์)

แต่ยังมีนักเรียนถึงร้อยละ 18.67 ที่ยังคงมีความเข้าใจไม่สอดคล้องกับมิติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (N) โดยนักเรียนกลุ่มนี้ยังคงเข้าใจว่า การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ จำเป็นต้องใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่มีการเรียงลำดับขั้นตอนที่ชัดเจนแน่นอนและ การทดลอง คือวิธีการเดียวเท่านั้นที่ใช้ในการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

“เห็นด้วย เพราะการเรียงลำดับขั้นตอนอย่างชัดเจน จะเห็นได้ว่าการทดลองอย่างเป็นระบบทำให้ผลออกมาเชื่อถือเป็นอย่างมาก / การทดลองเท่านั้น เพราะต้องทดลองออกมาเพื่อให้ได้ความรู้ที่ถูกต้อง การทดลอง คือการหาข้อสรุปให้ได้ผลออกมาถูกต้อง” (S433: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“เห็นด้วย เพราะนักวิทยาศาสตร์มีกระบวนการจึงประสบความสำเร็จจากการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์จึงมีการยอมรับจากสังคมวิทยาศาสตร์ การเรียงลำดับขั้นตอนทำให้เกิดความเรียบร้อยในการสรุป / การทดลองคือการที่เราคิดสร้างสรรค์ที่จะนำมาทดลองด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และสรุปผลการทดลองที่ได้นั้นเป็นข้อเท็จจริง” (S466: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

5. ความเป็นอัตนัยของนักวิทยาศาสตร์มีผลต่อการทำงานทางวิทยาศาสตร์

ในด้านนี้มีข้อคำถามที่เกี่ยวข้อง คือ ข้อที่ 3 “นักวิทยาศาสตร์สองคนมีความสนใจทำการศึกษาค้นคว้าในเรื่องเดียวกัน แต่ทำงานภายใต้บริบททางสังคมที่แตกต่างกัน และไม่เคยพบหรือพูดคุยกันมาก่อน” กระบวนการศึกษาค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์ทั้งสองคนจะเหมือนกันหรือไม่ เพราะเหตุใด” และข้อที่ 6 “จากสมมติฐานที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการอธิบายการสูญพันธุ์ของไดโนเสาร์ซึ่งได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวาง 2 สมมติฐาน คือ

สมมติฐานแรก : มีอุกกาบาตพุ่งชนโลกเมื่อ 65 ล้านปีก่อน นำไปสู่การเกิดเหตุการณ์ต่างๆ ซึ่งเป็นสาเหตุให้ไดโนเสาร์สูญพันธุ์

สมมติฐานที่สอง : เกิดภูเขาไฟปะทุครั้งใหญ่และมีความรุนแรงมากจนเป็นสาเหตุให้ไดโนเสาร์สูญพันธุ์

เพราะเหตุใดสมมติฐานของนักวิทยาศาสตร์ทั้งสองกลุ่มจึงแตกต่างกัน แม้ว่านักวิทยาศาสตร์ทั้งสองกลุ่มจะทำการลงข้อสรุปจากหลักฐานชุดเดียวกัน” โดยความเข้าใจที่สอดคล้องกับมติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ คือ “กระบวนการศึกษาค้นคว้าหรือการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความหลากหลาย นักวิทยาศาสตร์แต่ละบุคคลย่อมสามารถเลือกหรือออกแบบกระบวนการศึกษาค้นคว้าตามความสนใจ ความเชื่อ มุมมอง ความรู้และประสบการณ์เดิม ตลอดจนความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการของนักวิทยาศาสตร์เอง” และ “เพราะนักวิทยาศาสตร์ทั้งสองกลุ่มมีความเชื่อ มุมมอง ความรู้และประสบการณ์เดิม ตลอดจนมีความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการที่ต่างกัน ย่อมส่งผลให้มีการสร้างสมมติฐานที่ต่างกัน” ผลปรากฏว่า ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER จำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มแนวคิดแตกต่างกัน ดังตาราง 36

ตาราง 36 ความถี่และร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่มความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ด้านความเป็นอัตนัยของนักวิทยาศาสตร์มีผลต่อการทำงานทาง วิทยาศาสตร์ (ข้อที่ 3,6) (n=75)

คะแนน	กลุ่มความเข้าใจ	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)	
		ก่อนเรียน	หลังเรียน
0	ไม่เข้าใจ ไม่ตอบคำถาม ตอบทวนคำถาม (NU)	10 (13.33)	4 (5.33)
1	ความเข้าใจไม่สอดคล้องกับมติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (N)	0 (0.00)	0 (0.00)
2	ความเข้าใจในระยะปรับเปลี่ยน (T)	65 (86.67)	56 (74.67)
3	ความเข้าใจสอดคล้องกับมติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (I)	0 (0.00)	15 (20.00)
รวม		75 (100.00)	75 (100.00)

หมายเหตุ : I : Informed, T : Transitional, N : Naive, NU: No answer or No Understanding

จากตาราง 36 ก่อนการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 86.67) จัดอยู่ในกลุ่มมีความเข้าใจในระยะปรับเปลี่ยน (T) เพราะนักเรียนเข้าใจว่า การที่นักวิทยาศาสตร์มีความคิดต่างกัน ย่อมส่งผลให้การออกแบบการศึกษาค้นคว้าหรือการตั้งสมมติฐานทางวิทยาศาสตร์มีความแตกต่างกัน โดยที่นักเรียนยังไม่สามารถเข้าใจได้ว่า การที่นักวิทยาศาสตร์มีความคิดแตกต่างกันเป็นผลเนื่องมาจากนักวิทยาศาสตร์มีความรู้ ความเชี่ยวชาญ ประสบการณ์ และอยู่ในบริบทสังคมที่ต่างกัน ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“ไม่เหมือนเพราะความคิดของแต่ละคนย่อมแตกต่างกันเสมอ / ความคิดที่แตกต่างกัน จินตนาการที่แตกต่างกัน เพราะการตั้งสมมติฐานไม่ได้หมายความว่า เป็นเรื่องที่เกิดขึ้นจริงมาก่อน” (S446: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“ไม่เหมือนกันความคิดของบุคคลแต่ละบุคคลมีความคิดที่แตกต่างกันและด้วยสังคมที่ต่างกันจึงทำให้ความคิด หลักการ ทฤษฎี แนวคิด ไม่เหมือนกัน” (S407: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“อาจจะไม่เหมือนกัน แบบว่าคนหนึ่งอาจจะคิดอีกแบบกัน คิดไม่เหมือนกัน การวิเคราะห์ไม่เหมือนกัน การแบบ เอ่อ ตั้งสมมติฐานไม่เหมือนกันสักเท่าไร เพราะแบบว่าเขาอาจจะมีความรู้ไม่เหมือนกัน” (S472: การสัมภาษณ์เพิ่มเติมเกี่ยวกับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“มันเป็นมุมมองความคิดของแต่ละคนด้วย เพราะว่ามันนักวิทยาศาสตร์แต่ละคนก็จะแบบตั้งปัญหาที่ต่างกัน หลายคนก็จะตั้งหลายๆ ปัญหา แล้วแต่ใครจะมอง ใครจะคิด” (S458: การสัมภาษณ์เพิ่มเติมเกี่ยวกับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

นอกจากนี้ยังมีนักเรียนอีกร้อยละ 13.33 ยังจัดว่าไม่มีความเข้าใจ (NU) เพราะนักเรียนไม่ตอบคำถามดังกล่าว

หลังเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER แม้ว่านักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 74.67) ยังอยู่ในกลุ่มมีความเข้าใจในระยะปรับเปลี่ยน (T) แต่มีนักเรียนบางส่วน (ร้อยละ 20.00) จัดอยู่ในกลุ่มมีความเข้าใจสอดคล้องกับมิติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (I) จากที่ก่อนเรียนยังไม่พบว่ามีนักเรียนจัดอยู่ในกลุ่มความเข้าใจนี้ โดยทั้งนี้ นักเรียนที่มีความเข้าใจในระยะปรับเปลี่ยน (T) ยังคงเข้าใจว่า การออกแบบกระบวนการศึกษาค้นคว้าหรือการตั้งสมมติฐานทางวิทยาศาสตร์ที่แตกต่างกัน เป็นผลมาจากการที่นักวิทยาศาสตร์มีความคิดที่แตกต่างกัน แต่นักเรียนยังไม่สามารถสะท้อนได้ว่าการที่นักวิทยาศาสตร์มีความคิดแตกต่างกัน เป็นผลมาจากการที่นักวิทยาศาสตร์มีความรู้ และประสบการณ์เดิม มีความสนใจและมีความเชี่ยวชาญที่แตกต่างกัน ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนดังนี้

“ไม่เหมือนกัน เพราะถึงคนเราคิดจะค้นคว้าเรื่องเดียวกัน แต่กระบวนการทำงานของเราอาจจะแตกต่างกัน และการคิดวิเคราะห์ การค้นคว้า อาจจะใช้ความคิดที่แตกต่างกัน การวางแผนการทำงานจะแตกต่างกันออกไป และการคิดสร้างสรรค์ไม่เหมือนกัน / เพราะนักวิทยาศาสตร์ทั้งสองกลุ่มอาจจะมีการศึกษาค้นคว้าและได้ข้อมูลคนละที่กันหรือจากกระบวนการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ทั้งสองกลุ่มแตกต่างกันจึงทำให้สมมติฐานแตกต่างกัน ได้สร้างสมมติฐานได้ออกแบบการทดลอง มีมีความคิดสร้างสรรค์และการคิดค้นหารหาเหตุและผลมาใช้ในการตัดสินใจแก้ปัญหา การคิดจินตนาการในการทำงาน” (S473: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“มีความคิดละ แล้วก็จินตนาการด้วยบางทีที่เขาใช้ก็ต่างกัน บางทีคนนี้อาจจะค้นพบข้อมูลมากกว่า บางทีอาจจะค้นพบอีกอย่างหนึ่ง แล้วก็ การวิเคราะห์ข้อมูลละ ถ้ามีสองคนที่มีข้อมูลเหมือนกันหมดเลย แต่ถ้ามีความคิดแตกต่างกันก็จะทำให้ตีอีกอย่างหนึ่งเลย ตีความไม่เหมือนกัน” (S449: การสัมภาษณ์เพิ่มเติมเกี่ยวกับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“นักวิทยาศาสตร์เป็นคนที่มีความคิดแตกต่างกัน นักวิทยาศาสตร์มีความรู้ที่แตกต่างกัน จึงทำให้งานแต่ละชิ้นงานแตกต่างกัน ทั้งที่ทำงานในหัวข้อเดียวกัน นักวิทยาศาสตร์ต้องใช้งบประมาณในการทำการทดลองต่างๆ เพราะ การทดลองแต่ละอย่างต้องใช้เงินมาสนับสนุนในการทำงาน ไม่มีเงินไม่สามารถทดลองได้” (S441 อนุทินของนักเรียน : การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส)

ส่วนนักเรียนร้อยละ 20.00 ซึ่งมีความเข้าใจสอดคล้องกับมติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (I) ว่า การทำงานของนักวิทยาศาสตร์แตกต่างกัน เป็นผลมาจากการที่นักวิทยาศาสตร์มีความรู้ ความเชี่ยวชาญ ประสบการณ์ และอยู่ในบริบททางสังคมที่แตกต่างกัน ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน

“แตกต่างเพราะ สภาพแวดล้อมและความเป็นอยู่ของนักวิทยาศาสตร์มีผลกระทบกับกระบวนการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ จิตใต้สำนึก ความสนใจของแต่ละคนไม่เหมือนกันอยู่แล้วจึงทำให้กระบวนการทำงานแตกต่างกันออกไปและฐานะทางสังคมก็มีผลไม่น้อย เพราะหากฐานะทางสังคมด้อยถูกขับไล่ไม่เป็นที่ยอมรับ ก็จะทำให้จิตใจของเขามีผลต่อการทำงานขึ้นนั้นแย่งส่งผลให้กำลังใจในการทำงานกระบวนการต่างๆแย่ นอกจากนักวิทยาศาสตร์จะมีใจสู้ด้วย / เพราะมุมมองและความสนใจในเรื่องการสูญพันธุ์ของไดโนเสาร์ของแต่ละคนไม่เหมือนกัน จิตใต้สำนึกของแต่ละคนไม่เหมือนกัน เพราะเรื่องของจินตนาการของแต่ละบุคคลในการวิเคราะห์หลักฐานที่แตกต่างกัน สภาพแวดล้อมความเป็นอยู่ของเขาที่ส่งผลกระทบต่อจินตนาการและมุมมองในการวิเคราะห์หลักฐานและการลงข้อสรุป” (S428: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“แตกต่างค่ะ เพราะความคิด จินตนาการของนักวิทยาศาสตร์สองคนไม่เหมือนกัน ประสบการณ์ ความรู้ เทคโนโลยีที่นำมาใช้ก็แตกต่างกัน” (S456: การสัมภาษณ์เพิ่มเติมเกี่ยวกับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“ทั้งความรู้ ความคิด ประสบการณ์ของนักวิทยาศาสตร์แต่ละคนมีผลต่อการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งเทคโนโลยีและสังคม นักวิทยาศาสตร์แต่ละคนมีความรู้ ความคิดที่แตกต่างกัน และเทคโนโลยีที่ดีที่มีการพัฒนาส่งผลให้มีการทดลองและการสังเกตอย่างเห็นได้ชัด แต่สังคมก็ต้องยอมรับสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์ค้นพบด้วย” (S416 อนุทินของนักเรียน : การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส)

อย่างไรก็ตามยังคงมีนักเรียนร้อยละ 5.33 ที่ไม่มีความเข้าใจ (NU) เพราะไม่ตอบคำถามที่สะท้อนถึงการมีความเข้าใจต่อลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ดังกล่าว

6. ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการมีผลต่อการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ในด้านนี้มีข้อคำถามที่เกี่ยวข้อง คือ ข้อที่ 4 “นักวิทยาศาสตร์ใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ หากใช่ให้อธิบายและยกตัวอย่างประกอบว่า นักวิทยาศาสตร์ใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการขั้นใดบ้าง: การวางแผนและ

ออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ การเก็บรวบรวมข้อมูล การตีความหรือลงข้อสรุปจากข้อมูล หากไม่ใช่ให้อธิบายว่าเพราะเหตุใดจึงไม่ใช่ พร้อมทั้งยกตัวอย่างประกอบ” และข้อที่ 6 “จากสมมติฐานที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการอธิบายการสูญพันธุ์ของไดโนเสาร์ซึ่งได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวาง 2 สมมติฐาน คือ

สมมติฐานแรก : มีอุกกาบาตพุ่งชนโลกเมื่อ 65 ล้านปีก่อน นำไปสู่การเกิดเหตุการณ์ต่างๆ ซึ่งเป็นสาเหตุให้ไดโนเสาร์สูญพันธุ์

สมมติฐานที่สอง : เกิดภูเขาไฟปะทุครั้งใหญ่และมีความรุนแรงมากจนเป็นสาเหตุให้ไดโนเสาร์สูญพันธุ์”

เพราะเหตุใดสมมติฐานของนักวิทยาศาสตร์ทั้งสองกลุ่มจึงแตกต่างกัน แม้ว่านักวิทยาศาสตร์ทั้งสองกลุ่มจะทำการลงข้อสรุปจากหลักฐานชุดเดียวกัน”

โดยความเข้าใจที่สอดคล้องกับมิติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ คือ “ใช้เพราะในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์ต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการทุกขั้นตอน ทั้งการวางแผนและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ การเก็บรวบรวมข้อมูล และต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการร่วมกับการคิดไตร่ตรองเชิงเหตุและผลในการตีความหรือลงข้อสรุปจากข้อมูลหรือหลักฐานที่มีอยู่” และ “เพราะนักวิทยาศาสตร์ทั้งสองกลุ่มมีความเชื่อ มุมมองความรู้และประสบการณ์เดิม ตลอดจนมีความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการที่แตกต่างกัน ย่อมส่งผลให้มีการสร้างสมมติฐานที่แตกต่างกัน” ผลปรากฏว่าก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER จำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มแนวคิดแตกต่างกัน ดังตาราง 37

ตาราง 37 ความถี่และร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่มความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ด้านความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการมีผลต่อการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (ข้อที่ 4,6) (n=75)

คะแนน	กลุ่มความเข้าใจ	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)	
		ก่อนเรียน	หลังเรียน
0	ไม่เข้าใจ ไม่ตอบคำถาม ตอบทวนคำถาม (NU)	2 (2.67)	0 (0.00)
1	ความเข้าใจไม่สอดคล้องกับมิติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (N)	1 (1.33)	1 (1.33)
2	ความเข้าใจในระยะปรับเปลี่ยน (T)	70 (93.33)	46 (61.33)
3	ความเข้าใจสอดคล้องกับมิติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (I)	2 (2.67)	28 (37.33)
รวม		75 (100.00)	75 (100.00)

หมายเหตุ : I : Informed, T : Transitional, N : Naive, NU: No answer or No Understanding

จากตาราง 37 ซึ่งเป็นผลมาจากการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ พบว่า ก่อนการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ

93.33) จัดอยู่ในกลุ่มมีความเข้าใจในระยะปรับเปลี่ยน (T) โดยนักเรียนส่วนใหญ่อธิบายว่า นักวิทยาศาสตร์ใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการในสืบเสาะหาความรู้หรือการทดลอง แต่นักเรียนยังไม่สามารถอธิบายได้ว่า นักวิทยาศาสตร์ใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการในขั้นตอนใดของการสืบเสาะหาความรู้ และไม่สามารถระบุได้ว่า การที่นักวิทยาศาสตร์ตั้งสมมติฐานแตกต่างกันส่วนหนึ่งย่อมเป็นผลมาจากการที่นักวิทยาศาสตร์มีความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการแตกต่างกัน ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“ใช่ เพราะการวางแผนสืบเสาะ การเก็บรวบรวมข้อมูล การตีความหรือสรุปต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการ” (S459: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“ใช่ในการศึกษาหาความรู้และความคิดสร้างสรรค์ให้นำไปใช้ในการทดลองต่าง ๆ” (S469: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“ใช้ความคิดสร้างสรรค์ในสิ่งต่างๆที่อยู่รอบตัวเรา แล้วใช้จินตนาการว่า คล้ายๆ ความเป็นจริง ในการทดลองก็จะมีผลผิดพลาดหลายครั้ง ผลสุดท้ายมาก็จะได้สิ่งที่ผิดพลาดน้อยที่สุดค่ะ ใช้จินตนาการให้ใกล้เคียงกับสิ่งที่เราค้นหาหรือเราอยากจะศึกษา” (S426: การสัมภาษณ์เพิ่มเติมเกี่ยวกับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

สำหรับนักเรียนบางส่วนอธิบายว่า นักวิทยาศาสตร์ใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการในการออกแบบการสืบเสาะหาความรู้หรือการตั้งสมมติฐาน หรือสร้างแบบจำลองสถานการณ์ แต่นักเรียนยังไม่สามารถอธิบายได้ว่า การที่นักวิทยาศาสตร์ตั้งสมมติฐานแตกต่างกันส่วนหนึ่งย่อมเป็นผลมาจากนักวิทยาศาสตร์มีความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการแตกต่างกัน ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“ใช่ เช่น การวางแผนออกแบบการปฏิบัติงานต่างๆ ต้องมีการคิดคำนวณล่วงหน้า เพื่อเตรียมรับมือกับสถานการณ์ที่จะเกิดขึ้น และเตรียมแผนการทดลองต่างๆไว้เป็นแผนสำรอง” (S411: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“ใช่ เช่น การตั้งสมมติฐานหรือการคาดเดาไว้ล่วงหน้าซึ่งอาจจะถูกหรือผิดก็ได้ จินตนาการทำให้จะเป็นการวางแผนค้นหาสืบเสาะหาข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือ เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อให้ตีความหรือสรุปผล” (S425: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“ใช่ เช่น นักวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตหลายล้านปี ก็ต้องใช้จินตนาการในการจำลองสถานการณ์และรูปร่างของสิ่งมีชีวิตจำพวกนี้ เพราะว่าไม่มีใครเคยเห็นมาก่อน” (S420: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

สำหรับนักเรียนบางคนอธิบายได้ว่า นักวิทยาศาสตร์ใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการในการสืบเสาะหาความรู้และใช้ในการตั้งสมมติฐานที่แตกต่างกัน แต่นักเรียนก็ไม่ได้อธิบายเหตุผลสนับสนุนหรือยกตัวอย่าง ดังตัวอย่างคำตอบเช่น

“ใช่ การวางแผนและการออกแบบต้องใช้จินตนาการว่าจะวางแผนหรือออกแบบมาเป็นอย่างไร การหาความรู้ การเก็บรวบรวมข้อมูล การตีความหรือการสรุปข้อมูลจะมีผลอย่างไรบ้าง / ความคิดและการสรุปของนักวิทยาศาสตร์แต่ละท่านมีลักษณะไม่เหมือนกันถึงแม้ว่าหลักฐานและ

ข้อมูลจะเหมือนกันแต่กระบวนการคิดคนละอย่าง” (S421: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“จินตนาการ อาจจะเป็นแบบอย่างเช่นรูปร่างของไดโนเสาร์ มีคอยาว เป็นสัตว์กินเนื้อ แต่ดูจากโครงสร้างของกระดูกหรืออะไร ถือเป็นหลักฐานที่สำคัญ” (S447: การสัมภาษณ์เพิ่มเติมเกี่ยวกับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

นอกจากนี้ยังมีนักเรียนอีกร้อยละ 2.67 มีความเข้าใจสอดคล้องกับมิติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (I) ว่า นักวิทยาศาสตร์ใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการในทุกขั้นตอนของการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และสามารถยกตัวอย่างหรือให้เหตุผลรองรับอย่างเพียงพอ ส่วนนักเรียนอีกร้อยละ 2.67 จัดว่าอยู่ในกลุ่มที่ไม่มีความเข้าใจเพราะไม่ตอบคำถาม (NU) และนักเรียนอีกร้อยละ 1.33 จัดว่ามีความเข้าใจไม่สอดคล้องกับมิติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (N) โดยนักเรียนเข้าใจว่า นักวิทยาศาสตร์ต้องไม่ใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ แต่ไม่ได้อธิบายเหตุผลสนับสนุนว่าเพราะเหตุใด

หลังเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER แม้นักเรียนมากกว่าครึ่งหนึ่ง (ร้อยละ 61.33) ยังคงจัดอยู่ในกลุ่มมีความเข้าใจในระยะปรับเปลี่ยน (T) แต่มีนักเรียนถึงร้อยละ 37.33 จัดอยู่ในกลุ่มมีความเข้าใจสอดคล้องกับมิติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (I) จากที่ก่อนเรียนพบว่านักเรียนเพียงร้อยละ 2.67 จัดอยู่ในกลุ่มความเข้าใจนี้ โดยทั้งนี้นักเรียนที่มีความเข้าใจในระยะปรับเปลี่ยน (T) จะเข้าใจว่า เพราะนักเรียนบางส่วนเข้าใจว่า นักวิทยาศาสตร์ใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการในตั้งสมมติฐานและในการสืบเสาะหาความรู้ แต่นักเรียนยังไม่สามารถให้เหตุผลสนับสนุนอย่างเพียงพอ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“ใช่ เพราะการทดลองหรือตั้งสมมติฐานก็ต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการในการคาดคะเนคำตอบ / เพราะแต่ละกลุ่มมีกระบวนการคิดและใช้จินตนาการที่ต่างกันไป โดยใช้หลักฐานทางภูมิศาสตร์หรือหลักฐานจากโครงกระดูกไดโนเสาร์ในการลงข้อสรุป” (S410: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“ใช่เพราะนักวิทยาศาสตร์มีการใช้จินตนาการวางแผนออกแบบ การเก็บรวบรวมข้อมูล และลงข้อสรุปจากข้อมูล / เพราะความคิดและเหตุผลของแต่ละคนไม่เหมือนกัน แต่ละคนมีความคิดสร้างสรรค์ต่างกันไปและใช้เหตุผลของตนเองในการพิจารณา” (S461: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“มีจินตนาการ มีการทำงานอย่างเป็นหลักการ ความสนใจที่ศึกษาเรื่องใดเรื่องหนึ่งซึ่งขึ้นอยู่กับความรู้พื้นฐานของแต่ละคน ที่จะค้นคว้าความรู้ใหม่ๆ การทดลองหรือการค้นคว้าใหม่ๆขึ้นอยู่กับ การสนับสนุนของผู้คนรอบข้าง” (S458 อนุทินของนักเรียน : จินตนาการสร้างไดโนเสาร์สิ่งมีชีวิต)

สำหรับนักเรียนบางคนเข้าใจว่า นักวิทยาศาสตร์ใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการการตั้งสมมติฐานและใช้ในการออกแบบการสืบเสาะหาความรู้เท่านั้น

“ใช่ เพราะนักวิทยาศาสตร์ใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการในขั้นการออกแบบ เช่น ถ้านักวิทยาศาสตร์จะออกแบบโครงสร้างต่างๆ ก็จะต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการในการออกแบบจำลองโครงสร้างต่างๆ ให้น่าสนใจ / เพราะนักวิทยาศาสตร์ทั้งสองกลุ่มอาจมีการศึกษาค้นคว้าและได้ข้อมูลคนละที่กันหรือกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ทั้งสองกลุ่มแตกต่างกันจึงทำให้สมมติฐานของทั้งสองกลุ่มไม่เหมือนกัน” (S470: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“ใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ อาจจะใช้จินตนาการในขั้นตอนการวางแผนและออกแบบ การจินตนาการเป็นส่วนหนึ่งของการออกแบบการทดลองทางวิทยาศาสตร์ และใช้จินตนาการในการตั้งสมมติฐานการทดลอง / นักวิทยาศาสตร์ทั้งสองกลุ่มมีสมมติฐานที่แตกต่างกัน เพราะความคิดและจินตนาการ ขั้นตอนการทดลองของนักวิทยาศาสตร์แต่ละกลุ่มไม่เหมือนกัน อีกทั้งในสมัยมีไดโนเสาร์นั้น ไม่มีมนุษย์คนไหนทันเห็นอยู่ในเหตุการณ์” (S406: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

นอกจากนี้ยังมีนักเรียนบางส่วนเข้าใจว่า นักวิทยาศาสตร์ใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการในการออกแบบการสืบเสาะหาความรู้เท่านั้น และไม่ได้ระบุว่านักวิทยาศาสตร์สามารถตั้งสมมติฐานได้แตกต่างกัน เพราะมีความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการแตกต่างกัน ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

“ใช้บางขั้นตอนก็ได้ค่ะ บางขั้นตอนก็ต้องใช้ทฤษฎีค่ะ..การออกแบบค่ะ (การตีความและการลงข้อสรุปสามารถใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการได้หรือไม่อย่างไร) ไม่ได้ค่ะ ถ้าเราใช้ความคิดสร้างสรรค์เฉพาะของเราไม่เกี่ยวกับบุคคลอื่นก็จะเป็นการยอมรับค่ะ” (S474: การสัมภาษณ์เพิ่มเติมเกี่ยวกับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“ใช่เพราะถ้าจะประดิษฐ์สิ่งของทางวิทยาศาสตร์ เราต้องจินตนาการการสร้างและใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบสิ่งประดิษฐ์” (S470 แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

ส่วนนักเรียนร้อยละ 37.33 ซึ่งมีความเข้าใจสอดคล้องกับมิติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (1) โดยสามารถอธิบายได้ว่า นักวิทยาศาสตร์ใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการในทีกขั้นตอนของการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์พร้อมทั้งสามารถให้เหตุผลและยกตัวอย่างสนับสนุนการอธิบายของตนเองได้ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน

“ใช่ในการวางแผนการทดลอง การคิดสมมติฐาน การกำหนดตัวแปร การจำลองรูปแบบอะตอม การกำหนดกระบวนการสืบหาความรู้ การลงข้อสรุป เช่น การจำลองลักษณะอะตอม ใช้จินตนาการในการโคลนนิ่งแกะ / เพราะคนเรามีจินตนาการที่แตกต่างกันจึงเกิดสมมติฐานมากมาย และเหตุการณ์ข้างต้นก็ไม่ได้อยู่ในช่วงเวลาปัจจุบัน ทำให้เรื่องนี้ไม่ได้ข้อสรุปที่แน่นอน” (S405: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“ใช่โดยใช้ทุกขั้นตอนในกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นนำมาออกแบบโครงสร้างต่างๆ รวมถึงการวิเคราะห์ตีความข้อมูล เพราะหากเรามีแค่ความรู้และข้อมูลก็จะมี

สามารถนำไปสู่หลักการหรือแนวคิดต่างๆได้ จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ถือเป็นสิ่งสำคัญอย่างมาก / เพราะนักวิทยาศาสตร์ทั้งสองกลุ่มมีความคิดและจินตนาการที่แตกต่างกันทำให้มีความคิดไม่เหมือนกัน ถึงแม้จะลงข้อสรุปจากหลักฐานชุดเดียวกันก็ตาม” (S449: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“การสืบเสาะ เราอาจจะมีจินตนาการอยู่แล้ว คิดอะไรอยู่แล้ว ก็ต้องใช้ในการสืบเสาะหาความรู้ด้วย ได้ความรู้มาแล้วเราก็นำมาจินตนาการว่าตรงกับที่เราจินตนาการไว้หรือเปล่าให้มาเป็นแนวทางแล้วก็วางแผนปฏิบัติงาน ขั้นตอนการตีความ เราได้ข้อมูลมาแล้ว เรานำมาตีความ เราใช้ความคิดที่ว่า มันตรงกับที่เราจินตนาการไว้หรือเปล่า ถ้ามันไม่ตรง เราก็มาคิดว่าเราจะทำอย่างไรให้มันตรงกับที่เราคิดไว้ก่อนหน้านี้ หรือว่าพัฒนาให้ดีกว่าเดิม” (S452: การสัมภาษณ์เพิ่มเติมเกี่ยวกับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“มีการใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการในการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์” (S450 อนุทินของนักเรียน : ความหมายของเซลล์)

อย่างไรก็ตามยังมีนักเรียนอีก 1 คน (ร้อยละ 1.33) ที่ยังคงมีความเข้าใจไม่สอดคล้องกับมติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (N) ว่า นักวิทยาศาสตร์ไม่ใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพราะวิทยาศาสตร์ต้องเป็นข้อเท็จจริง

7. วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมทางสังคม

ในด้านนี้มีข้อคำถามที่เกี่ยวข้อง คือ ข้อที่ 7 “หากนักวิทยาศาสตร์ทำงานภายใต้ข้อจำกัดหรือการไม่ได้รับการสนับสนุนจากสังคม เช่น ถูกขัดขวางในการทำงานวิจัย ไม่มีหน่วยงานให้ทุนสนับสนุน จะมีผลต่อการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักวิทยาศาสตร์หรือไม่ อย่างไร” โดยความเข้าใจที่สอดคล้องกับมติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ คือ “มีผล เพราะการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องใช้ทุนและทรัพยากร หากนักวิทยาศาสตร์ไม่ได้รับการสนับสนุนทุนและทรัพยากรจากสังคมหรือถูกขัดขวางไม่ให้ทำงานวิจัยย่อมไม่สามารถพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมที่เกิดจากความพยายามของมนุษย์มีสิทธิ์ได้รับการสนับสนุนหรือขัดขวางจากทางสังคม” ผลปรากฏว่า ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER จำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มแนวคิดแตกต่างกัน ดังตาราง 38

ตาราง 38 ความถี่และร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่มความเข้าใจ ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
ด้านวิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมทางสังคม (ข้อที่ 7) (n=75)

คะแนน	กลุ่มความเข้าใจ	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)	
		ก่อนเรียน	หลังเรียน
0	ไม่เข้าใจ ไม่ตอบคำถาม ตอบทวนคำถาม (NU)	3 (4.00)	0 (0.00)
1	ความเข้าใจไม่สอดคล้องกับมิติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (N)	6 (8.00)	0 (0.00)
2	ความเข้าใจในระยะปรับเปลี่ยน (T)	65 (86.67)	32 (42.67)
3	ความเข้าใจสอดคล้องกับมิติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (I)	1 (1.33)	43 (57.33)
รวม		75 (100.00)	75 (100.00)

หมายเหตุ : I : Informed, T : Transitional, N : Naive, NU: No answer or No Understanding

จากตาราง 38 แสดงให้เห็นว่า ก่อนการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 86.67) จัดอยู่ในกลุ่มมีความเข้าใจในระยะปรับเปลี่ยน (T) โดยนักเรียนส่วนใหญ่สามารถอธิบายได้ว่า การขัดขวางจากสังคมส่งผลกระทบต่อพัฒนาทางวิทยาศาสตร์หรือการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ แต่ยังไม่สามารถอธิบายเหตุผลได้อย่างครบถ้วนว่า เพราะเหตุใดการทำงานของนักวิทยาศาสตร์จึงจำเป็นต้องได้รับการสนับสนุนจากสังคม นอกจากนี้นักเรียนบางส่วนก็เข้าใจว่า การที่สังคมไม่สนับสนุนทำให้นักวิทยาศาสตร์ขาดแคลนทุนหรือทรัพยากรในการทำงานเท่านั้น แต่นักเรียนยังไม่สามารถอธิบายได้ว่า การให้การยอมรับของสังคมหรือประชาคมทางวิทยาศาสตร์จะส่งผลให้การทำงานของนักวิทยาศาสตร์ราบรื่นไม่ถูกขัดขวาง ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน

“มีผลอย่างมาก เพราะถ้าไม่ได้รับการสนับสนุนจากสังคมจะทำให้ไม่มีการพัฒนาความรู้ขึ้นใหม่อีก ก็จะทำให้ความรู้เดิมๆ จนทำให้ไม่มีการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้” (S409: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“ส่งผลกระทบ เพราะ ถ้าไม่ได้รับการสนับสนุนจากผู้อื่นหรือสังคมก็จะทำให้สื่อหรือคนในสังคมไม่เชื่อถือในแหล่งข้อมูลที่เราหา มาทำให้วิทยาศาสตร์ด้อยการพัฒนาดลง” (S453: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“มีผล เพราะการทำงานทุกคนต้องการการสนับสนุน ต้องการกำลังใจจึงจะทำให้ประสบความสำเร็จ” (S446: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“อย่างเช่น ถ้าเขาตั้งปัญหาหรือว่าการทดลองงานอะไร ถ้าเขาไม่มีเงินทุนสนับสนุนก็อาจจะทำให้เขาไม่สามารถทำงานได้ เพราะเขาไม่มีเงินทุนมาซื้อเครื่องทดลองต่างๆ ในการทำงาน ซึ่งในการทดลองบางสิ่งอาจต้องใช้เวลาในการหาอุปกรณ์ อาจให้เขาได้อุปกรณ์ไม่ครบ” (S457: การสัมภาษณ์เพิ่มเติมเกี่ยวกับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

นอกจากนี้ยังมีนักเรียนอีกส่วนหนึ่ง (ร้อยละ 8.00) มีความเข้าใจไม่สอดคล้องกับมติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (N) ว่า การขัดขวางจากสังคมไม่มีผลกระทบต่อการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และขาดความเข้าใจว่า วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมทางสังคมของมนุษย์ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน

“ไม่มี เพราะนักวิทยาศาสตร์สามารถหาความรู้จากรอบๆ ตัวก็ได้ เช่น ไอแซค นิวตัน ที่สามารถหาแรงโน้มถ่วงได้จากการที่คิดว่า ทำไมแอปเปิลจึงตกลงมา ซึ่งก็ไม่ได้ได้รับการสนับสนุนอะไรเลย แต่เขาก็สามารถพิสูจน์ได้ว่าแรงโน้มถ่วงมีจริง” (S415: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“ไม่มี เพราะนักวิทยาศาสตร์ไม่ได้รับการสนับสนุน ถึงสังคมไม่ยอมรับ นักวิทยาศาสตร์ก็ทำงานได้ ไม่มีผล ถ้าสมมติสังคมไม่ต้องการ แต่มันขาดแคลนอยู่ แล้วนักวิทยาศาสตร์ก็ทำต่อไปเรื่อยๆ” (S473: การสัมภาษณ์เพิ่มเติมเกี่ยวกับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

สำหรับนักเรียนร้อยละ 4.00 ไม่ตอบคำถามนี้จึงจัดอยู่ในกลุ่มที่ไม่มีความเข้าใจ (NU) ส่วนนักเรียนอีกร้อยละ 1.33 จัดว่ามีความเข้าใจสอดคล้องกับมติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (I) โดยเข้าใจว่า วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมทางสังคมที่อาจได้รับการสนับสนุนหรือขัดขวางจากสังคม การสนับสนุนของสังคมทำให้การพัฒนาทางวิทยาศาสตร์เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว การขัดขวางของสังคมทำให้การพัฒนาทางวิทยาศาสตร์เกิดความล่าช้า

หลังเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER นักเรียนมากกว่าครึ่งหนึ่ง (ร้อยละ 57.33) จัดอยู่ในกลุ่มมีความเข้าใจสอดคล้องกับมติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (I) โดยนักเรียนเข้าใจว่า วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมภายใต้สังคมมนุษย์และได้รับผลกระทบจากสังคมไม่ว่าจะเป็นการขัดขวางหรือการสนับสนุนจากสังคมย่อมมีผลต่อการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์ หากสังคมขัดขวางการพัฒนาความรู้นั้นย่อมล่าช้า หากสังคมสนับสนุนการพัฒนาความรู้นั้นย่อมเป็นไปอย่างรวดเร็ว ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“มีเพราะการทำงานทางวิทยาศาสตร์จำเป็นที่จะต้องใช้ทุนให้การทำทดลองหรือการศึกษาค้นคว้าหรือการวิจัยเป็นอย่างมาก นักวิทยาศาสตร์ไม่สามารถประสบความสำเร็จได้ ถ้าสังคมไม่ยอมรับ ไม่ช่วยเหลือไม่สนับสนุน และจะส่งผลต่อการพัฒนาความรู้ความก้าวหน้าของนักวิทยาศาสตร์ ทำให้ความรู้ขาดการพัฒนาเพื่อให้ได้ความรู้ใหม่ๆ เนื่องมาจากการขัดขวางจากสังคม” (S436: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“(ยกตัวอย่างการคิดค้นทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการสนับสนุนจากสังคม) เช่น เครื่องเอกซเรย์ ซึ่งเมื่อก่อนไม่มีเครื่องนี้ ถ้าเราได้รับอุบัติเหตุมาเราจะไม่รู้เลยว่ากระดูกส่วนไหนที่ต้องรับการรักษายังไง หลังจากเทคโนโลยีก้าวหน้าขึ้นมาเราก็มารถดูได้ และสามารถรักษาได้ / (ยกตัวอย่างการคิดค้นทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องไม่ได้รับการสนับสนุนจากสังคม) เช่น การทำอาวุธทำลายล้าง ทำขึ้นมาเก็บไว้เพื่อป้องกันกาโจมตีจากประเทศอื่น แต่สังคมก็ขัดขวาง เพราะเป็นสาร

ที่อันตราย อาจจะทำให้เกิดผลเสียหลายๆอย่าง สังคมจึงเกิดการขัดขวาง” (S444: การสัมภาษณ์เพิ่มเติมเกี่ยวกับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมทางสังคม คือ ความรู้ที่นักวิทยาศาสตร์ได้มานั้นส่งผลกระทบต่อสังคม เช่น การศึกษาเรื่องการแบ่งเซลล์สามารถนำไปรักษาโรคต่างๆ และรักษาสำหรับคนที่มียูนิควายก เช่น การทำเด็กหลอดแก้ว” (S428 อนุทินของนักเรียน : การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส)

อย่างไรก็ตามมีนักเรียนร้อยละ 42.67 มีความเข้าใจในระยะปรับเปลี่ยน (T) โดยนักเรียนเข้าใจว่า การไม่ได้รับการสนับสนุนจากสังคมและประชาคมทางวิทยาศาสตร์ส่งผลกระทบต่อพัฒนาทางวิทยาศาสตร์ แต่ยังไม่สามารถยกตัวอย่างมาสนับสนุนการให้เหตุผลได้ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน

“มีผลกระทบต่อกระบวนการทำงานของนักวิทยาศาสตร์และเป็นการกีดขวางการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ ทำให้ความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ล่าช้า” (S475: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“มีนักวิทยาศาสตร์มีขอบเขตในการศึกษาน้อยลงและทำให้ข้อมูลออกมาไม่น่าเชื่อถือหรือขาดข้อมูลไป นักวิทยาศาสตร์อาจจะขาดความรู้ภายนอก ได้ความรู้ไม่เพียงพอ มีขอบเขตในการศึกษาหาความรู้ อาจจะได้อะไรไม่รอบคอบ ควบคุมไปหมด และอาจจะได้คำตอบไม่ครบหรือไม่ถูกต้อง” (S472: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“(ยกตัวอย่างการคิดค้นทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการสนับสนุนจากสังคม) ตัวอย่างเช่น การที่จะศึกษาเรื่องหนึ่งแล้วสังคมไม่สนับสนุน การทดลองนี้อาจจะ อาจจะทำการทดลองนี้ไม่ก้าวหน้า ไม่สำเร็จ” (S402: การสัมภาษณ์เพิ่มเติมเกี่ยวกับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“การทดลองหรือการค้นคว้าใหม่ๆ ขึ้นอยู่กับการสนับสนุนของผู้คนรอบข้าง รัฐทุนต่างๆ ที่จะใช้ในการค้นคว้าต่างๆ” (S458 อนุทินของนักเรียน : ฉันเป็นโครงสร้างใดในเซลล์สิ่งมีชีวิต)

“วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมทางสังคม คือ คนต้องยอมรับว่าโรคนี้มีคนเป็นและต้องยอมรับพวกเขา วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สามารถช่วยรักษาโรคนี้ แต่อาจหายไม่หมด” (S416 อนุทินของนักเรียน : การชราภาพของเซลล์)

8. วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมมีผลกระทบซึ่งกันและกัน

ในด้านนี้มีข้อคำถามที่เกี่ยวข้อง คือ ข้อที่ 8 “ความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีมีผลต่อการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการพัฒนาคุณภาพชีวิตของคนในสังคมหรือไม่ อย่างไร” และข้อที่ 9 “ความต้องการของสังคมมีผลต่อการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ขณะเดียวกันวิทยาศาสตร์ก็มีผลต่อการพัฒนาทางเทคโนโลยีและช่วยให้คุณภาพชีวิตของคนในสังคมดีขึ้น” นักเรียนเห็นด้วยกับข้อความนี้หรือไม่ อย่างไร ยกตัวอย่างประกอบ” โดยความเข้าใจที่สอดคล้องกับ

มติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ คือ “มีผล เพราะความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีจะช่วยให้ นักวิทยาศาสตร์สามารถขยายขอบเขตในการทำงานวิจัยหรือการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ได้มากขึ้น ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นช่วยปรับปรุงหรือยกระดับคุณภาพชีวิตของคนในสังคม มากยิ่งขึ้น ยกตัวอย่างเช่น การพัฒนาของกล้องจุลทรรศน์แบบอิเล็กตรอนช่วยให้นักวิทยาศาสตร์ สังเกตโครงสร้างภายในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตได้มากยิ่งขึ้น ทำให้สามารถสร้างความรู้เกี่ยวกับเซลล์ได้ มากขึ้น เมื่อนักวิทยาศาสตร์มีความรู้เกี่ยวกับเซลล์ก็สามารถคิดค้นหาวิธีการหรือยาที่ใช้ในการรักษา โรคที่เกิดจากความผิดปกติของเซลล์ได้” และ “เห็นด้วย ทั้งวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องและมีผลกระทบซึ่งกันและกัน ยกตัวอย่างเช่น สังคมมีความต้องการรักษา ผู้ป่วยโรคเอดส์ ทำให้มีการส่งเสริมให้นักวิทยาศาสตร์คิดค้นความรู้หรือยารักษาโรคเอดส์ ซึ่งการ คิดค้นยารักษาโรคเอดส์ต้องอาศัยเทคโนโลยีทั้งในการสืบเสาะหาสาเหตุของโรคเอดส์และการคิดค้น ยาเพื่อรักษาโรคเอดส์ ทำให้ต้องมีการพัฒนาทางเทคโนโลยีให้มีความทันสมัยสามารถใช้งานได้ เหมาะสมกับความต้องการ เมื่อสามารถคิดค้นยารักษาโรคเอดส์ได้แล้วก็นำมาใช้รักษาผู้ป่วย ทำให้ คุณภาพชีวิตของคนในสังคมดีขึ้น” ผลปรากฏว่า ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER จำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มแนวคิดแตกต่างกัน ดังตาราง 39

ตาราง 39 ความถี่และร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่มความเข้าใจกลุ่มความเข้าใจธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์ ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมมีผลกระทบซึ่งกันและกัน (ข้อที่ 8,9) (n=75)

คะแนน	กลุ่มความเข้าใจ	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)	
		ก่อนเรียน	หลังเรียน
0	ไม่เข้าใจ ไม่ตอบคำถาม ตอบทวนคำถาม (NU)	3 (4.00)	0 (0.00)
1	ความเข้าใจไม่สอดคล้องกับมติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (N)	3 (4.00)	0 (0.00)
2	ความเข้าใจในระยะปรับเปลี่ยน (T)	65 (86.67)	30 (40.00)
3	ความเข้าใจสอดคล้องกับมติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (I)	4 (5.33)	45 (60.00)
รวม		75 (100.00)	75 (100.00)

หมายเหตุ : I : Informed, T : Transitional, N : Naive, NU: No answer or No Understanding

จากตาราง 39 แสดงให้เห็นว่า ก่อนการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 86.67) จัดอยู่ในกลุ่มมีความเข้าใจในระยะปรับเปลี่ยน (T) โดยนักเรียน ส่วนใหญ่เข้าใจว่า ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีมีผลต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิตของคนในสังคมและ ความต้องการของสังคมก็ทำให้เกิดการพัฒนาทางเทคโนโลยี แต่นักเรียนยังไม่สามารถอธิบายได้ว่า การพัฒนาคุณภาพชีวิตของคนเป็นผลมาจากการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์ด้วย ดังตัวอย่างคำตอบ ของนักเรียน ดังนี้

“มีผล ในชีวิตประจำวันส่วนใหญ่เราใช้เทคโนโลยีในการทำอะไรต่างๆ ” (S427: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“การสื่อสารค่ะ สิ่งของที่อยู่ในบ้าน แล้วเราใช้มัน เราก็นำเทคโนโลยีมาใช้ หาข้อมูลเร็วขึ้น มีการเผยแพร่กว้างกว่าการเขียนหนังสือ / เห็นด้วยค่ะ เพราะว่า เราอยู่ในยุคที่ต้องใช้เทคโนโลยีและมันจำเป็นในบางเรื่องค่ะ อย่างอดีตเราใช้คนปลูกข้าวแต่ตอนนี้เราก็ใช้เครื่องหยอดเมล็ดข้าวแล้ว” (S427: การสัมภาษณ์เพิ่มเติมเกี่ยวกับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“เทคโนโลยีที่ล้ำสมัยในการสื่อสารกัน การใช้ชีวิตประจำวันให้มันสะดวกสบายและมีคุณภาพมากยิ่งขึ้น ปัจจุบันก็มีโทรศัพท์ที่เข้ามามีบทบาทต่อชีวิตคนในสังคม แต่อยากให้มันมีทุกอย่าง ที่ดีกว่าเดิม เทคโนโลยีคือการสื่อสารที่เป็นระบบ การสื่อสารที่ไร้ขอบเขต” (S455: การสัมภาษณ์เพิ่มเติมเกี่ยวกับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

นอกจากนี้ยังมีนักเรียนบางส่วนเข้าใจว่า ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีมีผลต่อการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์และมีผลต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิตของคน แต่ยังขาดการให้เหตุผลหรือยกตัวอย่างสนับสนุนอย่างเพียงพอ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“ส่งผล อาจมีการแลกเปลี่ยนความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับประเทศต่างๆ ทั่วโลก / เห็นด้วยเพราะการนำเทคโนโลยีมาทำในทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ชีวิตคนดีขึ้น เช่น การใช้หุ่นยนต์ในการผ่าตัด การใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ในการรักษาโรค” (S414: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“มีผลต่อการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คือ ทำให้การสร้างทางวิทยาศาสตร์เกิดการพัฒนามากขึ้น / เห็นด้วยเมื่อทุกอย่างเกิดการพัฒนา คุณภาพและเทคโนโลยีและสิ่งต่างๆ ก็พัฒนาตามมด้วย” (S422: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“มีเพราะนักวิทยาศาสตร์จะต้องใช้เทคโนโลยีในการทำงานหรือเครื่องมือในการทำงาน / เห็นด้วย เพราะ การพัฒนาประเทศต้องนำเทคโนโลยีและวิทยาศาสตร์เข้ามาผสมผสานกัน เช่น การสร้างรถ การสร้างโทรศัพท์” (S441: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

นอกจากนี้ยังมีนักเรียนอีกร้อยละ 5.33 มีความเข้าใจสอดคล้องกับมิติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (I) ว่า วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมมีผลกระทบซึ่งกันและกัน การพัฒนาทางเทคโนโลยีส่งผลให้เกิดการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์ และช่วยให้คุณภาพชีวิตของคนในสังคมดีขึ้น ขณะเดียวกันความต้องการของคนในสังคมก็ก่อให้เกิดการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ก็เช่นเดียวกันทำให้เกิดการพัฒนาทางเทคโนโลยีและคุณภาพชีวิตของคน และมีนักเรียนอีกร้อยละ 4.00 มีความเข้าใจไม่สอดคล้องกับมิติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (N) ว่า การพัฒนาทางเทคโนโลยีไม่มีผลต่อการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพราะเทคโนโลยีเป็นการสื่อสารหรือคุณภาพชีวิต แต่การพัฒนาวิทยาศาสตร์ต้องใช้ความรู้ การสังเกต และความคิด ส่วนนักเรียนอีกร้อยละ 4.00 ยังไม่ตอบคำถามนี้จึงจัดว่าไม่มีความเข้าใจ (NU)

หลังเรียนรู้อยู่ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER นักเรียนร้อยละ 60.00 จัดอยู่ในกลุ่มมีความเข้าใจสอดคล้องกับมิติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (I) ว่า วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมมี

ผลกระทบซึ่งกันและกัน รวมทั้งสามารถอธิบายเหตุผลสนับสนุนหรือยกตัวอย่างมาอย่างเพียงพอ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“ความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีมีผลกระทบต่อความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และการพัฒนาคุณภาพชีวิตของคน ถ้าหากเทคโนโลยีมีความเจริญก้าวหน้าจะทำให้มีการค้นพบสิ่งใหม่ๆ ใช้เทคโนโลยีในการแก้ปัญหาต่างๆ เช่น การมีเทคโนโลยีทำให้ค้นพบวิธีการรักษาโรคต่างๆ ทำให้มีการพัฒนาคุณภาพชีวิตของคน ทำให้มนุษย์มีชีวิตที่ยาวนานขึ้น มีการสร้างหุ่นยนต์ผ่าตัดขึ้น ในการพัฒนาเทคโนโลยีแต่ละครั้งนั้นจะทำให้เราพบเจอสิ่งใหม่ๆ ความรู้ใหม่ๆ เสมอ / เห็นด้วย 1) เช่นการพัฒนาเทคโนโลยีด้านการแพทย์ หุ่นยนต์ผ่าตัดโดยเทคโนโลยีหุ่นยนต์ผ่าตัดนั้นต้องอาศัยความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาสร้างและพัฒนาเรื่องๆ ทำให้คุณภาพชีวิตของคนในสังคมดีขึ้น ทำให้คนทำงานต่อได้โดยมีอายุยืนนาน และเมื่อมีชีวิตที่ยาวนานก็จะนำความรู้มาพัฒนาประเทศ จนทำให้สังคมที่ดีขึ้น 2) การที่มนุษย์ต้องการกินอาหารมากขึ้นทำให้ต้องเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชขึ้นเพื่อจะให้ได้อาหารจำนวนมากในระยะเวลาอันสั้น เมื่อมีความต้องการมากขึ้นเรื่อยๆ ก็จะมีการพัฒนาเทคโนโลยีตามไปด้วย” (S430: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“ความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีมีผลต่อการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการพัฒนาคุณภาพชีวิตของคนในสังคม มีผลให้เกิดงานวิจัยของนักวิทยาศาสตร์ โดยจะมีอุปกรณ์ที่ทันสมัยที่ช่วยอำนวยความสะดวกต่อการวิจัยต่างๆ / เห็นด้วย เพราะการค้นพบเทคโนโลยีพลังงาน ยารักษาโรคต่างๆ ล้วนอาศัยนักวิทยาศาสตร์ในการวิจัยและหาหลักฐาน ซึ่งผลของสิ่งเหล่านี้ได้นำมาช่วยพัฒนาคนของสังคม ไม่ว่าจะเป็นปัญญา ร่างกาย อารมณ์” (S410: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“(ความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีมีผลต่อคุณภาพชีวิตของคนในสังคม) ก็ทำให้เราใช้ชีวิตอย่างสะดวกสบายมากยิ่งขึ้น นำไปใช้ประโยชน์ในการรักษาโรค หรือการคมนาคม / (ความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีมีผลต่อการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์) ใช้เทคโนโลยีในการตรวจสอบเซลล์ในสิ่งมีชีวิตด้วย ใช้การสังเกตสัตว์หลายๆ ชนิดคะ แล้วนำมาทดลองด้วย” (S449: การสัมภาษณ์เพิ่มเติมเกี่ยวกับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“(ความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีมีผลต่อการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์) จะมีความรู้ทางวิทยาศาสตร์เกิดขึ้นใหม่อย่างหลากหลาย สามารถนำไปพัฒนาอย่างอื่นได้ (ความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีมีผลต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิตของคนในสังคม) การทำกัมมันตภาพรังสี ใช้ในการแพทย์ โทรศัพท์มือถือ ช่วยในการสื่อสารไม่ต้องไปมาเหมือนสมัยก่อน ไม่ต้องไปมาหากัน ก็คุยกันได้ ไม่ต้องเสียค่าน้ำมันรถ (ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีมีผลทางลบ) อย่างเช่น ทำให้ติดโทรศัพท์มากขึ้น ทำให้สุขภาพแย่ลง (สังคมมีผลต่อการพัฒนาเทคโนโลยี) ถ้าสังคมสนับสนุนก็ทำให้มีคุณภาพมากขึ้น ช่วยให้เราไปพัฒนา ทำให้เทคโนโลยีพัฒนา” (S456: การสัมภาษณ์เพิ่มเติมเกี่ยวกับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีที่ทันสมัยจะสามารถให้นักวิทยาศาสตร์สามารถค้นพบสิ่งใหม่ๆมาให้แก่สังคม เช่น ยารักษาโรคชราในวัยเด็ก เป็นต้น สังคมยอมรับและสนับสนุนทำให้นักวิทยาศาสตร์ได้โอกาสในการวิจัยมากขึ้น” (S418 อนุทินของนักเรียน : การชราภาพของเซลล์)

“เทคโนโลยี วิทยาศาสตร์ สังคม มีความสำคัญต่อการคิดค้นวิจัยทำให้การคิดค้นนั้น เป็นไปตามอย่างรวดเร็ว และจำเป็นต้องใช้จำนวนนักวิทยาศาสตร์มาทำการวิจัยร่วมกัน ทำให้เห็นว่าด้านสังคม มีการลงทุนและสนับสนุนในด้านเทคโนโลยี การใช้เครื่องมือต่างๆ เป็นการทดลอง การรวบรวมข้อมูล และความรู้ทางวิทยาศาสตร์” (S424 อนุทินของนักเรียน : การชราภาพของเซลล์)

“วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมมีผลกระทบซึ่งกันและกัน ความรู้เรื่องการชราภาพของเซลล์ต้องใช้เทคโนโลยีในการสำรวจ การทดลอง รวมทั้งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีในการศึกษา ซึ่งจะทำให้ไม่ได้หากสังคมไม่เห็นด้วยหรือขัดขวาง” (S449 อนุทินของนักเรียน : การชราภาพของเซลล์)

อย่างไรก็ตามมีนักเรียนอีกร้อยละ 40.00 ยังคงมีความเข้าใจในระยะปรับเปลี่ยน (T) โดยนักเรียนบางส่วนก็เข้าใจว่า ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีทำให้เกิดการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์ แต่ยังไม่สามารถเชื่อมโยงได้ว่าส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของคนในสังคมอย่างไร ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“มีความเจริญก้าวหน้า เพราะเทคโนโลยีสามารถนำมาใช้ในการศึกษาค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์ เป็นสิ่งที่ทำให้รู้ได้แน่ชัดว่า สิ่งที่เป็นความจริงหรือไม่ และเป็นการสร้างภาพจินตนาการได้ และเป็นสื่อเทคโนโลยีในการศึกษาในเรื่องที่เราสนใจได้มากมาย / เห็นด้วย เพราะการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจะต้องควบคู่ในการทำงานทางวิทยาศาสตร์ เพื่อพัฒนาประเทศให้สงบสุข” (S401: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“ส่งผลเพราะ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนั้นพัฒนาไปพร้อมกัน ถ้าไม่มีเทคโนโลยี นักวิทยาศาสตร์ก็ไม่สามารถศึกษาได้อย่างเต็มที่ที่ทำให้ได้ข้อมูลที่ไม่ชัดเจนจนไม่สามารถสรุปออกมาเป็นคำตอบได้ ในขณะที่เดียวกันถ้าไม่มีวิทยาศาสตร์ก็จะเป็นการไม่มีความรู้มาใช้ในการพัฒนาเทคโนโลยีให้เจริญก้าวหน้าไปได้ / เห็นด้วย เพราะหากสังคมมีความต้องการเพิ่มขึ้น นักวิทยาศาสตร์ก็จะทำงานวิจัยอย่างอิสระ และได้รับทุนในการทำวิจัยทำให้การทำการวิจัยและได้ข้อมูลครบถ้วนชัดเจน มาสรุปสมมติฐานและนำความรู้ไปเผยแพร่ให้สังคมได้รับรู้ได้เรื่อยๆ” (S431: แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“การที่เราทราบสาเหตุของการชราภาพของเซลล์ เพราะเกิดจากการทำเทคโนโลยีในการศึกษามีการก้าวหน้าและมีการสนับสนุนจากด้านต่างๆ เลยทำให้เราได้ทราบลักษณะและสาเหตุทั้งหมดของการชราภาพของเซลล์” (S421 อนุทินของนักเรียน : การชราภาพของเซลล์)

สำหรับนักเรียนบางส่วนที่แม้จะเข้าใจว่า วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมมีผลกระทบซึ่งกันและกัน แต่ก็ไม่ได้ให้สนับสนุนอย่างเพียงพอและชัดเจน ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

“(ความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีมีผลต่อการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์) มีผล เช่น การทำอุปกรณ์ทันสมัยเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เพื่อการศึกษาความรู้ใหม่ๆ อย่างกล้องจุลทรรศน์ แบบสามมิติ (ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีมีผลต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิตคนในสังคม) อาจจะ ค้นพบ ค้นพบยารักษาโรคตัวใหม่” (S402: การสัมภาษณ์เพิ่มเติมเกี่ยวกับความเข้าใจธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์)

“(ความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีมีผลต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิตของคนใน สังคม) เป็นผลดีต่อการสร้างนักวิทยาศาสตร์รุ่นใหม่ อาจจะได้อุปกรณ์ไปศึกษาต่างประเทศแล้วเราก็จะ ได้นำความรู้กลับมาพัฒนาประเทศเรา โดยที่เราไม่สามารถไปซื้อของเขา เพราะเราได้สร้าง นักวิทยาศาสตร์ไว้แล้ว / (ความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีมีผลต่อการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์) ปัจจุบันนี้เทคโนโลยีก็ถูกนำมาใช้ในชีวิตประจำวัน เทคโนโลยีก็มีผลต่อการสืบเสาะหาความรู้ พัฒนา อะไรต่างๆ สะดวก เช่น กล้องจุลทรรศน์ ที่นำมาใช้ในการสืบเสาะหาความรู้ว่ามีลักษณะเป็น อย่างไร” (S424: การสัมภาษณ์เพิ่มเติมเกี่ยวกับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

“วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคมมีผลกระทบซึ่งกันและกัน วิทยาศาสตร์มี ความก้าวหน้ามีการรวมตัวของนักวิทยาศาสตร์มาช่วยคิดค้นและสังคมให้การยอมรับ” (S460 อนุทินของนักเรียน : การซารภาพของเซลล์)

นอกจากนี้ยังมีนักเรียนบางคนเข้าใจว่า ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีผลกระทบต่อ คุณภาพชีวิตของคนในสังคมทำให้สะดวกสบายมากขึ้น แต่นักเรียนยังไม่สามารถเชื่อมโยงว่า ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีทำให้เกิดการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์อย่างไร ดังตัวอย่างคำตอบของ นักเรียน ดังนี้

“ส่งผลทำให้คนได้ใช้ชีวิตสะดวกสบายขึ้น / เห็นด้วยเพราะยังคนมีความต้องการ นักวิทยาศาสตร์ก็จะมีทุนในการพัฒนาเทคโนโลยีในการตอบสนองสังคมได้มากขึ้น” (S408: แบบวัด ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER เพื่อส่งเสริมแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งสามารถสรุปสาระสำคัญและผลการศึกษาได้ ดังนี้

คำถามการวิจัย

1. รูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER มีลักษณะเป็นอย่างไร
2. รูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER มีผลต่อแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หรือไม่ อย่างไร
3. รูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER มีผลต่อความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หรือไม่ อย่างไร

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER
2. เพื่อศึกษาผลของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER ที่มีต่อแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
3. เพื่อศึกษาผลของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER ที่มีต่อความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

สมมติฐานการวิจัย

1. แนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
2. ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนที่ 1: การศึกษาและการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน

1. ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาให้นักเรียนวิทยาศาสตร์ ทั้งระดับชาติและระดับนานาชาติ
2. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ และการส่งเสริมให้นักเรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
3. ศึกษาสำรวจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ขั้นตอนที่ 2: การสร้างและพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER

1. นำข้อมูลจากการศึกษาวิเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ แนวคิดทฤษฎีการสร้างความรู้ การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ แบบสืบเสาะหาความรู้ การจัดการเรียนรู้แบบบ่งชี้และสะท้อนความคิด และการจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์ มาสร้างเป็นรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER (ฉบับร่าง)
2. นำรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER (ฉบับร่าง) เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท เพื่อตรวจสอบและพิจารณาความถูกต้องเหมาะสมขององค์ประกอบในรูปแบบการเรียนรู้
3. นำรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER (ฉบับร่าง) ไปวิเคราะห์คุณภาพโดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ความถูกต้องเหมาะสมขององค์ประกอบในรูปแบบการเรียนรู้ จากนั้นนำค่าดัชนีความสอดคล้อง มาพิจารณาปรับปรุงแก้ไขรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER ซึ่งองค์ประกอบของรูปแบบการเรียนรู้ มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่าง 0.6 -1.00 ก่อนนำรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER ไปเป็นแนวทางในสร้างแผนการจัดการเรียนรู้

ขั้นตอนที่ 3: การสร้างและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูลเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เซลล์ และการแบ่งเซลล์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 10 แผน ใช้ระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้ จำนวน 20 คาบ คาบละ 50 นาที ซึ่งแต่ละแผนมีองค์ประกอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่าง 0.67-1.00 มีการศึกษานำร่อง (Pilot study) แผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER เพื่อดูความเป็นไปได้และความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ ระยะเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนของรูปแบบการเรียนรู้

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ เป็นข้อคำถามปลายเปิด ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 16 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่าง 0.67-1.00
2. แบบสัมภาษณ์แนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ เป็นแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 22 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 1.00

3. แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ปรับปรุงมาจากแบบวัดมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (V NOS-C) ของลีเดอร์แมนและคณะ (Lederman et al. 2002) เป็นข้อคำถามปลายเปิด จำนวน 11 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่าง 0.67-1.00

4. อนุทินของนักเรียน ซึ่งนักเรียนเขียนสะท้อนความคิดต่อแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ได้เรียนรู้ สิ่งที่ยากเรียนรู้เพิ่มเติม และความรู้สึกต่อบรรยากาศการเรียนรู้ จำนวน 10 อนุทิน

ขั้นตอนที่ 4: การนำรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER ไปทดลองใช้จริง

การนำแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง เซลล์และการแบ่งเซลล์ ที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขและการศึกษานำร่องแล้ว ไปศึกษากับกลุ่มที่ศึกษา (Implementation) มีรายละเอียด ดังนี้

1. ก่อนการจัดการเรียนรู้หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เซลล์และการแบ่งเซลล์ โดยแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER ผู้วิจัยในฐานะครูผู้สอนดำเนินการ ดังนี้

1.1. ชี้แจงทำความเข้าใจเกี่ยวกับขั้นตอนการเรียนรู้ ลักษณะของกิจกรรมการเรียนรู้ บทบาทของนักเรียน และบทบาทของครูผู้สอน สำหรับการเรียนรู้หน่วยการเรียนรู้เรื่อง เซลล์และการแบ่งเซลล์ เพื่อให้เกิดความเข้าใจร่วมกัน

1.2 วัดแนวคิดเกี่ยวกับเซลล์และการแบ่งเซลล์ของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา โดยใช้แบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับเซลล์และการแบ่งเซลล์ ให้นิเวศนักเรียนทำแบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับเซลล์และการแบ่งเซลล์ 60 นาที

1.3 สัมภาษณ์แนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ โดยการทำนัดตัวอย่าง ประกอบการสัมภาษณ์ตัวแทนนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา ซึ่งเลือกมาจากนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาที่มีผลการเรียนอยู่ในกลุ่มเก่ง กลาง อ่อน กลุ่มละ 4 คน จำนวน 12 คน ทั้งนี้การสัมภาษณ์นักเรียนตัวแทนกลุ่มที่ศึกษาจำนวน 15 - 20 % จากกลุ่มที่ศึกษาทั้งหมด สามารถใช้เป็นตัวแทนในการตัดสินใจตีความหมายในบริบทซึ่งเกี่ยวข้องกับนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาทั้งหมดได้ (Lederman et al. 2002) ใช้เวลาในการสัมภาษณ์แต่ละ 10 - 15 นาที ขออนุญาตนักเรียนตัวแทนกลุ่มที่ศึกษาเพื่อบันทึกเทปการสัมภาษณ์

1.4 วัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา โดยใช้แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ให้นิเวศนักเรียนทำแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 60 นาที วิเคราะห์ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาออกเป็น 4 กลุ่ม (รายละเอียดดังตาราง 20 หน้า 94) คัดเลือกนักเรียนตัวแทนกลุ่มที่ศึกษา ตามกลุ่มของระดับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ กลุ่มละ 3 คน จำนวน 12 คน เพื่อทำการสัมภาษณ์เพิ่มเติม ทั้งนี้การสัมภาษณ์นักเรียนตัวแทนกลุ่มที่ศึกษา จำนวน 15 - 20 % จากกลุ่มที่ศึกษาทั้งหมด สามารถใช้เป็นตัวแทนในการตัดสินใจตีความหมายในบริบทซึ่งเกี่ยวข้องกับนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาทั้งหมดได้ (Lederman et al. 2002)

1.5 ทำการสัมภาษณ์ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์นักเรียนตัวแทนกลุ่มที่ศึกษา จำนวน 12 คน (จากข้อ 1.4) ใช้เวลาในการสัมภาษณ์คนละ 10 - 15 นาที ขออนุญาตนักเรียนตัวแทนกลุ่มที่ศึกษาเพื่อบันทึกเทปการสัมภาษณ์

2. จัดการเรียนรู้หน่วยการเรียนรู้เรื่อง เซลล์และการแบ่งเซลล์ โดยแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER จำนวน 10 แผน ใช้ระยะเวลาการจัดการเรียนรู้ จำนวน 20 คาบ ขออนุญาตนักเรียนกลุ่มที่ศึกษานักเรียนกลุ่มที่ศึกษาบันทึกภาพการทำกิจกรรมการเรียนรู้ หลังจากเสร็จสิ้นการเรียนรู้แต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนกลุ่มที่ศึกษาเขียนอนุทินของนักเรียน ดังนั้นนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาจะเขียนอนุทิน ทั้งหมด 10 ครั้ง

3. หลังการจัดการเรียนรู้หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เซลล์และการแบ่งเซลล์ โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER ผู้วิจัยดำเนินการ ดังนี้

3.1 วัดแนวคิดเกี่ยวกับเซลล์และการแบ่งเซลล์ของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา โดยใช้แบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับเซลล์และการแบ่งเซลล์ ให้นิเวศนักเรียนทำแบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับเซลล์และการแบ่งเซลล์ 60 นาที

3.2 สัมภาษณ์แนวคิดเกี่ยวกับเซลล์และการแบ่งเซลล์ โดยการกำหนดตัวอย่างประกอบการสัมภาษณ์ นักเรียนตัวแทนกลุ่มที่ศึกษาซึ่งเลือกมาจากนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาที่มีระดับผลการเรียนอยู่ในกลุ่มเก่ง กลาง อ่อน กลุ่มละ 4 คน จำนวน 12 คน ทั้งนี้การสัมภาษณ์นักเรียนตัวแทนกลุ่มที่ศึกษาจำนวน 15 - 20 % จากกลุ่มที่ศึกษาทั้งหมด สามารถใช้เป็นตัวแทนในการตัดสินใจตีความหมายในบริบทซึ่งเกี่ยวข้องกับนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาทั้งหมดได้ (Lederman et al. 2002) ใช้เวลาสัมภาษณ์คนละ 10 - 15 นาที ขออนุญาตนักเรียนตัวแทนกลุ่มที่ศึกษานักเรียนกลุ่มที่ศึกษาบันทึกเทปการสัมภาษณ์

3.3 วัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา โดยใช้แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ให้นิเวศนักเรียนทำแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 60 นาที วิเคราะห์ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาออกเป็น 4 กลุ่ม (รายละเอียดดังตาราง 20 หน้า 94) คัดเลือกนักเรียนตัวแทนกลุ่มที่ศึกษา ตามกลุ่มของระดับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ กลุ่มละ 3 คน จำนวน 12 คน เพื่อทำการสัมภาษณ์ ทั้งนี้การสัมภาษณ์นักเรียนตัวแทนกลุ่มที่ศึกษาจำนวน 15 - 20 % จากกลุ่มที่ศึกษาทั้งหมด สามารถใช้เป็นตัวแทนในการตัดสินใจตีความหมายในบริบทซึ่งเกี่ยวข้องกับนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาทั้งหมดได้ (Lederman et al. 2002)

3.4 ทำการสัมภาษณ์ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์นักเรียนตัวแทนกลุ่มที่ศึกษา จำนวน 12 คน (จากข้อ 3.3) ใช้เวลาในการสัมภาษณ์คนละ 10 - 15 นาที ขออนุญาตตัวแทนกลุ่มที่ศึกษาเพื่อบันทึกเทปการสัมภาษณ์

ขั้นตอนที่ 5: การวิเคราะห์ข้อมูล

ผลจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เซลล์และการแบ่งเซลล์ เป็นการเปรียบเทียบการวิเคราะห์แนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับเซลล์และการแบ่งเซลล์ และความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาก่อนเรียนและหลังเรียน ซึ่งมีรายละเอียดของการวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ ดังนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ ผู้วิจัยดำเนินการ ดังนี้

1.1 วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับเซลล์และการแบ่งเซลล์ โดยการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) ซึ่งประกอบด้วย 5 กระบวนการ คือ การจัดเตรียมข้อมูล การแตกข้อมูลออกเป็นส่วนย่อย การให้รหัสข้อมูลส่วนย่อย การจัดหมวดหมู่ของข้อมูลส่วนย่อย และการตั้งชื่อหมวดหมู่ข้อมูล (สถาบันวิทยาศาสตร์ สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา; 2555: 90 - 99) ดังนี้ อักษร S แทน นักเรียน ตัวเลข แทน ลำดับที่ของนักเรียน ยกตัวอย่างเช่น S07 หมายถึง นักเรียนคนที่ 7 เป็นต้น จากนั้นจัดกลุ่มแนวคิดของนักเรียนออกเป็น 5 กลุ่ม ตามแนวทางการจัดกลุ่มแนวคิดของ เวสต์บรูคและมาเรค (Westbrook; & Marek. 1992) ซึ่งมีรายละเอียดของการจัดกลุ่มแนวคิด ดังหน้า 93

1.2 หาค่าความถี่และค่าร้อยละของนักเรียนที่อยู่ในแต่ละกลุ่มแนวคิดทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน คัดเลือกคำพูดหรือข้อความที่นักเรียนแสดงออกถึงการมีแนวคิดเกี่ยวกับเซลล์และการแบ่งเซลล์ในแต่ละกลุ่มแนวคิด ไว้เป็นตัวอย่างประกอบการนำเสนอข้อมูล

1.3 วิเคราะห์ข้อมูลแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์จากการสัมภาษณ์แนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ และอนุทินของนักเรียน โดยใช้หลักการวิเคราะห์เนื้อหาเช่นเดียวกันกับการวิเคราะห์เนื้อหาในแบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ และคัดเลือกคำพูดหรือข้อความที่นักเรียนแสดงออกถึงการมีแนวคิดเกี่ยวกับเซลล์และการแบ่งเซลล์ในแต่ละกลุ่มแนวคิด ไว้เป็นตัวอย่างประกอบการนำเสนอข้อมูล

1.4 นำผลจากการวิเคราะห์และการจัดกลุ่มแนวคิดส่งให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา จำนวน 1 ท่าน ตรวจสอบผลการตีความข้อมูลของผู้วิจัย เพื่อเป็นการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของผลการวิจัยที่ได้ (ลือชา ลดาชาติ; และลฎาภา สุทรกุล. 2555)

1.5 เมื่อตรวจสอบผลการตีความข้อมูลโดยผู้เชี่ยวชาญเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยกำหนดคะแนนให้กับแต่ละกลุ่มแนวคิด รายละเอียดดังตาราง 19 หน้า 93 ทั้งนี้เพื่อนำค่าคะแนนเฉลี่ยแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเปรียบเทียบกันก่อนเรียนและหลังเรียน โดยการทดสอบค่าที (t-test for dependent samples)

2. การวิเคราะห์ข้อมูลความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

2.1 วิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จากแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยวิเคราะห์คำตอบซึ่งนักเรียนเขียนอธิบายเป็นการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) ซึ่งประกอบด้วย 5 กระบวนการ คือ การจัดเตรียมข้อมูล การ

แตกข้อมูลออกเป็นส่วย่อย การให้รหัสข้อมูลส่วย่อย การจัดหมวดหมู่ของข้อมูลส่วย่อย และการตั้งชื่อหมวดหมู่ข้อมูล (สถาบันวิทยาศาสตร์ สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. 2555: 90 - 99) ดังนี้ อักษร S แทน นักเรียน ตัวเลข แทน ลำดับที่ของนักเรียน ยกตัวอย่างเช่น S11 หมายถึง นักเรียนคนที่ 11 เป็นต้น จากนั้นจัดกลุ่มความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนออกเป็น 4 กลุ่ม ตามแนวทางของ คีส์และลีเดอร์แมน (Khishfe; & Lederman. 2006) รายละเอียดของการจัดกลุ่มความเข้าใจ ดังหน้า 94

2.2 หาค่าความถี่และค่าร้อยละของนักเรียนที่อยู่ในแต่ละกลุ่มระดับความเข้าใจ ทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน และคัดเลือกคำพูดหรือข้อความที่นักเรียนแสดงออกถึงการมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ในแต่ละกลุ่มความเข้าใจไว้เป็นตัวอย่างประกอบการนำเสนอข้อมูล

2.3 วิเคราะห์เนื้อหาจากการสัมภาษณ์ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมและอนุทินของนักเรียน โดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหาซึ่งมีหลักการเช่นเดียวกับการวิเคราะห์เนื้อหาจากแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และคัดเลือกคำพูดหรือข้อความที่นักเรียนแสดงออกถึงการมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ตามแต่ละกลุ่มความเข้าใจไว้เป็นตัวอย่างประกอบการนำเสนอข้อมูล

2.4 นำผลจากการวิเคราะห์และการจัดกลุ่มความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ส่งให้ผู้เชี่ยวชาญด้านธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน ตรวจสอบผลการตีความของผู้วิจัย เพื่อเป็นการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของผลการวิจัยที่ได้ (ลือชา ลดาชาติ; และลฎาภา สุทรกุล. 2555)

2.5 เมื่อตรวจสอบผลการตีความข้อมูลโดยผู้เชี่ยวชาญเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยกำหนดคะแนนให้กับแต่ละกลุ่มความเข้าใจ รายละเอียดดังตาราง 20 หน้า 94 ทั้งนี้เพื่อนำค่าคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเปรียบเทียบกันก่อนเรียนและหลังเรียน โดยการทดสอบค่าที (t-test for dependent samples)

สรุปผล

1. ผลการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER เพื่อส่งเสริมแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

รูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การสร้างความสนใจและการตรวจสอบความรู้เดิม 2) การสืบเสาะ 3) การอธิบาย 4) การอภิปราย และ 5) การสะท้อนความคิดต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยผู้วิจัยนำแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีการสร้างความรู้ 3 วิธีการ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ การจัดการเรียนรู้แบบปิงซ์และสะท้อนความคิด และการจัดการเรียนรู้แบบประวัติทางวิทยาศาสตร์ มาประยุกต์ใช้ในการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ ซึ่งมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ นักเรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ร่วมกับทักษะการคิดในการสืบเสาะหาความรู้เพื่อสร้างแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้ลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และประวัติทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาบทเรียน รวมทั้งเปิดโอกาสให้นักเรียนได้อภิปราย สะท้อนความคิดต่อแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการบ่งชี้ให้เรียนรู้ทั้งจากกิจกรรมการเรียนรู้และจากประวัติทางวิทยาศาสตร์ การประเมินผลการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER สามารถประเมินได้จากการมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

2. ผลของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER ที่มีต่อแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์ และการแบ่งเซลล์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

นักเรียนที่เรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER มีคะแนนเฉลี่ยแนวคิดทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนแตกต่างจากก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยหลังเรียน นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยแนวคิดทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียน นอกจากนี้จำนวนร้อยละของนักเรียนในกลุ่มมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (SC) หลังเรียนเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนในทุกแนวคิด ส่วนจำนวนร้อยละของนักเรียนในกลุ่มมีแนวคิดคลาดเคลื่อน (MC) หรือกลุ่มไม่มีแนวคิด (NC) หลังเรียนลดลงจากก่อนเรียนในทุกแนวคิด

3. ผลของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER ที่มีต่อความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

นักเรียนที่เรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER มีคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์หลังเรียนแตกต่างจากก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยหลังเรียน นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียน นอกจากนี้จำนวนร้อยละของนักเรียนในกลุ่มมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สอดคล้องกับมิติของประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (I) หลังเรียนเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนในทุกลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และจำนวนร้อยละของนักเรียนในกลุ่มมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไม่สอดคล้องกับมิติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (N) หรือกลุ่มไม่มีความเข้าใจ (NU) หลังเรียนลดลงจากก่อนเรียนในทุกลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

อภิปรายผล

1. การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER เพื่อส่งเสริมแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

“รูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER” เป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่สร้างและพัฒนาขึ้นเพื่อส่งเสริมแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยชื่อของ

รูปแบบดังกล่าวสะท้อนถึงที่มาของรูปแบบ ซึ่งสร้างจากการผสมผสานลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีการสร้างความรู้ 3 วิธีการ อันได้แก่ การจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติศาสตร์ (Historical approach) การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry – based approach) และการจัดการเรียนรู้แบบบ่งชี้และสะท้อนความคิด (Explicit and reflective approach) ซึ่งรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การสร้างความสนใจและการตรวจสอบความรู้เดิม 2) การสืบเสาะ 3) การอธิบาย 4) การอภิปราย และ 5) การสะท้อนความคิดต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้รูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER มีลักษณะเฉพาะที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ควบคู่กัน โดยส่งเสริมให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นและสนใจที่จะเรียนรู้ นักเรียนได้ฝึกการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องที่จะเรียนรู้ เป็นการสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ด้วยตนเอง ซึ่งจะทำให้การเรียนรู้และผลจากการเรียนรู้ที่มีความหมายกับนักเรียนมากยิ่งขึ้น อีกทั้งส่งเสริมให้นักเรียนที่มีความสามารถแตกต่างกันได้ทำงานและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน เพื่อฝึกให้นักเรียนเปิดใจกว้าง ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น และเข้าใจความแตกต่างระหว่างบุคคล นอกจากนี้ยังส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้ประวัติศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเกี่ยวข้องกับเนื้อหาบทเรียนทั้งประวัติศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์ซึ่งมีลักษณะเป็นประเด็นทางวิทยาศาสตร์กับสังคม และประวัติศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเกี่ยวข้องกับการพัฒนา การศึกษาค้นคว้า หรือกระบวนการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้นักเรียนได้ศึกษา ค้นคว้า สืบเสาะ ทดลอง เลียนแบบนักวิทยาศาสตร์ในประวัติศาสตร์เหล่านั้น ส่งเสริมให้นักเรียนใช้ทักษะการคิดร่วมกับกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ทั้งสังเกต ตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ เปรียบเทียบ จัดจำแนก ทดลอง สืบเสาะตรวจสอบ เก็บรวบรวมข้อมูล สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และเชื่อมโยงคำอธิบายที่สร้างขึ้นกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ สื่อสารและนำเสนอคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนสร้างขึ้นเป็นการฝึกการสร้างหรือสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เช่นเดียวกันกับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ รวมทั้งเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ร่วมอภิปราย แสดงความคิดเห็นโต้แย้งเชิงเหตุและผลเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนได้เรียนรู้ ตลอดจนส่งเสริมให้นักเรียนได้สะท้อนความคิดต่อลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ซึ่งมีการบ่งชี้ให้เรียนรู้ซึ่งในแต่ละขั้นตอนของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER ผู้วิจัยขออภิปรายไว้ ดังนี้

1) การสร้างความสนใจและการตรวจสอบความรู้เดิม เป็นขั้นตอนที่เน้นการสร้าง ความสนใจในการเรียนรู้ให้กับนักเรียน มีการตรวจสอบแนวคิดเดิมของนักเรียน มีการแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ให้กับนักเรียนเพื่อให้นักเรียนรับรู้ถึงเป้าหมายในการเรียนรู้ของตนเองทั้งในส่วนของการสร้างแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ รวมทั้งส่งเสริมให้นักเรียนได้ทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มแบบลดความสามารถ และนักเรียนได้ฝึกตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับสิ่งที่ต้องเรียนรู้ ซึ่งลักษณะการเรียนรู้ในขั้นนี้จัดว่า เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ผู้เรียนได้รับการกระตุ้นให้เกิดความสนใจในการเรียนรู้ (Bybee et al. 2006; Colburn. 2000; Lawson. 2000) และเป็นการกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนด้วยคำถามทางวิทยาศาสตร์ (NRC.2000) อีกทั้งยังคำนึงถึงความรู้เดิมของผู้เรียน (Simpson. 2001) โดยมีการตรวจสอบความรู้เดิมของผู้เรียน (Bybee

et al. 2006) เพื่อให้ครูสามารถจัดการเรียนรู้ได้สอดคล้องกับประสบการณ์เดิมของนักเรียนมีการแก้ไขแนวคิดคลาดเคลื่อนของผู้เรียน หรือช่วยให้ผู้เรียนปรับความรู้หรือประสบการณ์เดิมให้เข้ากับความรู้หรือประสบการณ์ใหม่ที่เกิดจากการเรียนรู้ (Sewell. 2002) นอกจากครูจะมีหน้าที่สร้างความสนใจให้กับนักเรียนด้วยสื่อการเรียนรู้ต่างๆ แล้วยังมีการถามคำถามเพื่อตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน ระบุและแก้ไขแนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียน รวมทั้งมีการกระตุ้นให้นักเรียนตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งถือว่าเป็นการตรวจสอบแนวคิดหรือความเข้าใจเดิมของผู้เรียนก่อนที่จะแบ่งปันความรู้หรือประสบการณ์ใหม่ให้กับผู้เรียน และสนับสนุนให้ผู้เรียนตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ เพื่อทำการสืบเสาะจากคำถามที่มีคุณค่า (Brook; & Brook. 1993)

2) การสืบเสาะ เป็นขั้นตอนที่นักเรียนได้ฝึกร่วมกันพิจารณาและปรับปรุงคำถามทางวิทยาศาสตร์ซึ่งตั้งขึ้นในขั้นแรกและวางแผนการตอบคำถามนั้น นอกจากนี้นักเรียนยังได้ฝึกใช้ทักษะการคิดร่วมกับกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ต่างๆ ทั้งการสังเกต เปรียบเทียบ จัดจำแนก ทดลอง สืบเสาะตรวจสอบ เพื่อให้ได้มาซึ่งหลักฐานในการสร้างคำอธิบายหรือตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนเห็นคุณค่าและความสำคัญของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์หรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์จากหลักฐาน รวมทั้งเกิดความเข้าใจในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น ขณะเดียวกันก็ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในด้านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความหลากหลาย ด้านวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน ด้านวิทยาศาสตร์อาศัยการสังเกตและการลงความเห็น ด้านความเป็นอัตโนมัติของนักวิทยาศาสตร์มีผลต่อการทำงานทางวิทยาศาสตร์ ลักษณะการเรียนรู้ขั้นนี้จัดว่า เป็นการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ และมีกิจกรรมให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติอย่างหลากหลาย ซึ่งทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในบทเรียนมากกว่าการท่องจำ (Colburn. 2000; Lawson. 2000) นอกจากนี้ยังเป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ตั้งคำถาม ทำการสำรวจตรวจสอบจากคำถามที่สนใจศึกษาโดยใช้หลากหลายวิธีการ และเป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนให้ความสำคัญกับหลักฐานที่จะนำมาใช้ในการตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ (NRC. 2000) อีกทั้งยังเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติการสำรวจตรวจสอบประกอบกับการใช้ทักษะการคิด (Bybee et al. 2006; กุศลสิน มุสิกกุล. 2550; ชาตรี ฝ่ายคำตา. 2552ก) ส่วนบทบาทครูในขั้นนี้มีการส่งเสริมให้นักเรียนทำงานร่วมกัน ให้คำปรึกษาแก่นักเรียนในการปรับปรุงคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่ตั้งขึ้น จัดหาหรือแนะนำสื่อการเรียนรู้และแหล่งการเรียนรู้ให้กับนักเรียน และประเมินทักษะการสืบเสาะหาความรู้ของนักเรียน ซึ่งเป็นการให้เวลากับผู้เรียนในการสร้างความสัมพันธ์ สนับสนุนให้ผู้เรียนสืบเสาะจากคำถามที่มีคุณค่าและคำถามปลายเปิดที่เน้นการแสดงความคิดเห็น รวมทั้งสนับสนุนให้ผู้เรียนตั้งคำถามซึ่งกันและกัน ตลอดจนช่วยตรวจสอบการขยายความรู้ของผู้เรียน และสนับสนุนให้ผู้เรียนใช้วัสดุอุปกรณ์ที่หลากหลายและเน้นวัสดุอุปกรณ์ที่มีปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียน รวมทั้งใช้แหล่งข้อมูลต่างๆ มีการวัดความเข้าใจของผู้เรียนผ่านการประยุกต์ใช้ความรู้และการปฏิบัติการงานที่หลากหลาย (Brook; & Brook. 1993)

3) การอธิบาย เป็นขั้นตอนที่นักเรียนได้สร้างคำอธิบายจากหลักฐานซึ่งรวบรวมได้จากขั้นการสืบเสาะ และเชื่อมโยงคำอธิบายที่สร้างขึ้นกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นที่ยอมรับใน

ปัจจุบัน ซึ่งนอกจากจะสามารถส่งเสริมให้นักเรียนการมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้นแล้ว ยังช่วยให้นักเรียนเข้าใจกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักวิทยาศาสตร์จนทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในด้านวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน และด้านความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการมีผลต่อการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น ลักษณะการเรียนรู้ของนักเรียนในขั้นนี้เป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากหลักฐานและเชื่อมโยงคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของตนเองเข้ากับหลักการหรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นที่ยอมรับ (Bybee et al. 2006; NRC. 2000) อีกทั้งยังสอดคล้องกับแนวคิดที่ว่า การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ต้องนำประจักษ์พยานมาประกอบหรืออ้างอิง ส่วนการสร้างคำอธิบายจากความเชื่อส่วนตัว ความเชื่อทางศาสนา การคาดเดา หรือจากความเข้าใจผิด คำอธิบายนั้นจะยังไม่จัดว่าเป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (กุศลสิน มุสิกกุล. 2557) นอกจากนี้การที่ครูได้กระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากหลักฐาน รวมทั้งคอยให้คำปรึกษาแก่นักเรียนในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากหลักฐาน ยังเป็นการสนับสนุนและส่งเสริมให้ผู้เรียนสร้างคำอธิบายด้วยตนเองโดยหาหลักฐานมาอ้างอิงหรือยืนยันคำอธิบายนั้น (Trowbridge; & Bybee. 1996)

4) การอภิปราย เป็นขั้นตอนที่นักเรียนได้ฝึกการนำเสนอคำอธิบายที่สร้างขึ้น และเปิดโอกาสให้ได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน โดยการตอบคำถาม แสดงความคิดเห็น และโต้แย้งเชิงเหตุผลต่อคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ซึ่งนักเรียนได้เรียนรู้จากกิจกรรมการเรียนรู้และจากประวัติทางวิทยาศาสตร์ ขณะเดียวกันก็ช่วยให้นักเรียนเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านวิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมทางสังคม เพราะนักวิทยาศาสตร์ต้องมีการนำเสนอความรู้ทางวิทยาศาสตร์หรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นต่อประชาคมทางวิทยาศาสตร์และความรู้นั้นต้องได้รับการยอมรับจากประชาคมทางวิทยาศาสตร์ก่อนที่จะเผยแพร่ต่อสังคม ลักษณะการเรียนรู้ของนักเรียนในขั้นนี้เป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนได้สื่อสารหรือตัดสินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้น (NRC. 2000) และสอดคล้องกับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ที่มีการสื่อสารสิ่งที่ได้จากการศึกษา ค้นพบ หรือคิดค้นไปสู่ผู้อื่น (Harwood. 2000) ส่วนบทบาทของครูในขั้นนี้ต้องกระตุ้นให้นักเรียนร่วมอภิปรายเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และประเมินการมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากการร่วมอภิปราย ซึ่งเป็นการสนับสนุนให้ผู้เรียนได้ร่วมแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับครูและเพื่อนร่วมชั้นเรียน และส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสามารถในการอภิปรายและโต้แย้งเชิงเหตุผล รวมทั้งมีการวัดและประเมินความเข้าใจของผู้เรียนผ่านการประยุกต์ใช้ความรู้และการปฏิบัติภาระงานที่หลากหลาย (Brook; & Brook. 1993)

5) การสะท้อนความคิดต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เป็นขั้นตอนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ร่วมกันสะท้อนความคิดต่อลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ซึ่งนักเรียนได้เรียนรู้จากกิจกรรมการเรียนรู้และจากประวัติทางวิทยาศาสตร์ และนักเรียนได้ฝึกเขียนบันทึกสะท้อนความคิดของตนเอง ลักษณะการเรียนรู้ของนักเรียนในขั้นนี้แสดงให้เห็นว่า นักเรียนได้รับโอกาสให้สะท้อนความคิดต่อลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จากกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งผู้เรียนต้องใช้ทักษะการ

คิดร่วมกับกระบวนการสืบเสาะหาความรู้อย่างหลากหลายทั้งการสังเกต สำรวจ เปรียบเทียบ จัดจำแนก ทดลอง รวบรวมข้อมูล จัดกระทำข้อมูล ตีความหมายข้อมูล อภิปราย และแสดงความคิดเห็น (Khishfe. 2008; Khishfe; & Lederman. 2006; Liangkrilas. 2009; Schwartz; Lederman; & Crawford. 2004) รวมทั้งเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนได้สะท้อนความคิดต่อลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประวัติศาสตร์ที่นำมาใช้สร้างความสนใจให้แก่ผู้เรียน (สิรินภา กิจเกื้อกูล. 2555; Limpanont. 2011) หรือประวัติศาสตร์ซึ่งผู้เรียนใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ต่างๆ ทั้งการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ การทดลอง ซึ่งเป็นการเลียนแบบการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ (สิรินภา กิจเกื้อกูล. 2555; Chamrat. 2009; Limpanont. 2011) นอกจากนี้การส่งเสริมให้นักเรียนเขียนบันทึกเพื่อสะท้อนความคิดต่อแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนได้เรียนรู้ ซึ่งเป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนได้คิดและทบทวนการกระทำของตนเอง (ศศิเทพ ปิติพรเทพิน. 2556: 34 อ้างอิงจาก Hatton and Smith. 1995) ซึ่งอาจเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ช่วยให้นักเรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น ส่วนบทบาทครูในขั้นนี้ต้องกระตุ้นให้นักเรียนสะท้อนความคิดต่อลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และประเมินการมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากการสะท้อนความคิด ซึ่งเป็นการสนับสนุนให้ผู้เรียนได้ร่วมแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับครูและเพื่อนร่วมชั้นเรียน ยอมรับและสนับสนุนให้ผู้เรียนตัดสินใจด้วยตนเองอย่างเต็มที่ รวมทั้งมีการวัดและประเมินความเข้าใจของผู้เรียนผ่านการประยุกต์ใช้ความรู้และการปฏิบัติภาระงานที่หลากหลาย (Brook; & Brook. 1993)

2. ผลของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER ที่มีต่อแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ของนักเรียน

จากผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่า นักเรียนที่เรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนแตกต่างจากก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานในข้อที่ 1 ที่ตั้งไว้ โดยหลังเรียนนักเรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียน

แม้ว่ารูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER จะสร้างและพัฒนาขึ้นจากการผสมผสานลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบอื่นอีก 2 วิธีการ คือ การจัดการเรียนรู้แบบการบ่งชี้และสะท้อนความคิด และการจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติศาสตร์ แต่ผลการวิจัยก็แสดงให้เห็นว่า รูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER ยังคงมีประสิทธิผลเช่นเดียวกันกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ คือ สามารถพัฒนาหรือส่งเสริมให้นักเรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องที่เรียนรู้มากยิ่งขึ้น (ขวัญฤทัย เทียงจันทร์หาพิทย์. 2553; จิตติมา ดมหอม. 2553; ไตรรัตน์ รัตนเดช. 2551; อาทิตยา จิตรเอื้อเฟื้อ. 2551; Wilder and Shuttleworth. 2005) ขณะเดียวกันก็สอดคล้องกับผลการวิจัยซึ่งพบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

ร่วมกับการบ่งชี้และสะท้อนความคิดสามารถพัฒนาหรือส่งเสริมแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ (Liangkailas. 2009)

ทั้งนี้การที่นักเรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้นหลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER สามารถอธิบายได้ ดังนี้ มีการกระตุ้นความสนใจและการตรวจสอบความรู้เดิม โดยใช้คำถามทางวิทยาศาสตร์และสื่อการเรียนรู้ที่หลากหลาย ทั้งรูปภาพ วีดิทัศน์ ตัวอย่างจริง รวมทั้งประวัติทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งพบว่า นักเรียนให้ความสนใจเป็นอย่างมากต่อ วีดิทัศน์ รูปภาพ ตัวอย่างจริง รวมทั้งประวัติทางวิทยาศาสตร์ ยกตัวอย่างเช่น กรณีศึกษาใครเป็นเจ้าของเซลล์ในเรื่องความหมายของเซลล์ ประวัติและผลงานของมาร์กวิลสันในเรื่องวิวัฒนาการของไมโทคอนเดรียและคลอโรพลาสต์ วีดิทัศน์ผู้ป่วยโรคพาร์กินสันในเรื่องการสื่อสารระหว่างเซลล์ ประวัติและผลงานของเซอร์จอห์น บี กอร์ดอนในเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์ และรูปภาพประกอบเรื่องราวสั้นๆ ของผู้ป่วยโรคซาร์ในวัยเด็กในเรื่องการชราภาพของเซลล์ โดยนักเรียนได้แสดงความสงสัยและสนใจต่อสิ่งที่ปรากฏในสื่อการเรียนรู้ รวมทั้งนักเรียนสามารถตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับสิ่งที่จะเรียนรู้ได้ ซึ่งการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องที่จะเรียนรู้ได้แสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีความรับผิดชอบต่อการเรียนรู้ของตนเอง ทั้งนี้ความสนใจและความรับผิดชอบที่จะเรียนรู้ของนักเรียน อาจช่วยทำให้นักเรียนเรียนรู้สิ่งต่างๆ อย่างมีความหมายและสามารถสร้างแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้มากยิ่งขึ้น เนื่องจากนักเรียนได้เรียนรู้ในสิ่งที่สนใจ (Bybee at al. 2006; Colburn. 2000; Wilder & Shuttlesworth. 2005) นักเรียนมีส่วนรับผิดชอบในการเรียนรู้ของตนเอง สร้างความหมายให้กับสิ่งที่รับรู้ การสร้างความหมายอาจได้รับคำแนะนำจากบุคคลอื่นๆ รอบตัวหรือจากการมีปฏิสัมพันธ์กับบุคคลอื่นๆ (วรรณทิพา รอดแรงคำ. 2540) รวมทั้งยังเปิดโอกาสให้ครูได้พิจารณาและระบุแนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียนจากการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน (Bybee at al. 2006) โดยหากพบว่า นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนครูสามารถแก้ไขแนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียนได้ทันทีหรือนำแนวคิดคลาดเคลื่อนนั้นมาเป็นข้อมูลพื้นฐานในการสอดแทรกการอธิบายเพื่อช่วยให้นักเรียนละทิ้งแนวคิดคลาดเคลื่อนนั้น ซึ่งจะช่วยทำให้นักเรียนสามารถสร้างแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่มีความหมาย เป็นที่ยอมรับ และเข้าใจได้ง่ายสำหรับนักเรียน (Brooks, & Brooks, 1993; Eisenkraft, 2003)

นอกจากนี้นักเรียนยังได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับทักษะการคิดและลงมือปฏิบัติการสืบเสาะหาข้อมูลอย่างหลากหลาย อันได้แก่ การตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ การกำหนดตัวแปร การตั้งสมมติฐาน การสังเกต การออกแบบการทดลอง การสืบค้นข้อมูล การสำรวจตรวจสอบ และการสร้างแบบจำลอง เพื่อหาหลักฐานมาใช้ในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ยกตัวอย่างเช่น การศึกษาเซลล์ของสิ่งมีชีวิตในเรื่องความหมายของเซลล์ เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนได้สังเกตและเปรียบเทียบลักษณะของเซลล์ของสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ การสังเกตและการลงความเห็นเกี่ยวกับโครงสร้างและองค์ประกอบของเซลล์ เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่ท้าทายให้นักเรียนได้ใช้การสังเกตร่วมกับการใช้ความรู้เดิมในการลงความเห็นเกี่ยวกับโครงสร้างและองค์ประกอบของเซลล์ การออกแบบการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับนิวเคลียส เป็นกิจกรรม

การเรียนรู้ที่นักเรียนได้ฝึกการออกแบบการศึกษาค้นคว้าตามแบบอย่างนักวิทยาศาสตร์ การสร้างแบบจำลองเยื่อหุ้มเซลล์เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนนำข้อมูลพื้นฐานต่างๆ มาใช้ในการสร้างแบบจำลองลักษณะของเยื่อหุ้มเซลล์ การศึกษาประวัติการค้นพบสารสื่อประสาทและฮอร์โมน เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ซึ่งนักเรียนได้ฝึกตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ กำหนดตัวแปรในการทดลอง และตั้งสมมติฐานจากผลงานที่นักวิทยาศาสตร์ค้นพบ การศึกษาการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสในเซลล์รากหอมแดงเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการศึกษาการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสระยะต่างๆ ในเซลล์รากหอมแดง ซึ่งนักเรียนได้สืบค้นวิธีการศึกษาการแบ่งเซลล์ในรากหอมแดงด้วยตนเองจากนั้นปฏิบัติตามวิธีการที่นักเรียนสืบค้นมาได้ โดยนักเรียนได้ฝึกการตัดรากหอมแดงและการใช้สารเคมีเพื่อหยุดระยะของการแบ่งเซลล์ในรากหอม การย้อมสีรากหอมแดง และนำมาสังเกตระยะต่างๆ ของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง และการสร้างแบบจำลองการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนฝึกสร้างแบบจำลองการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสด้วยวัสดุหลัก คือ เชือกหลากสีและฟิวเจอร์บอร์ด จากข้อมูลที่ได้จากการสืบค้น ซึ่งเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติและคิดวิเคราะห์ จึงจะส่งผลให้นักเรียนมีความเข้าใจในความหมายของสิ่งที่ตนเองเรียนรู้มากยิ่งขึ้น (Colburn. 2000)

ขณะเดียวกันบางกิจกรรมการเรียนรู้ยังมีการนำประวัติทางวิทยาศาสตร์มาให้นักเรียนได้ศึกษาเรียนรู้ ยกตัวอย่างเช่น วิถีทัศน์ประวัติการศึกษาและการสร้างทฤษฎีเซลล์ในเรื่องความหมายของเซลล์ ซึ่งช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจเกี่ยวกับการศึกษาค้นคว้าและพัฒนาการของความรู้ในเรื่องเซลล์และทฤษฎีเซลล์มากยิ่งขึ้น แม้ว่าวิถีทัศน์ดังกล่าวจะเป็นภาษาอังกฤษซึ่งนักเรียนยังไม่คุ้นเคยเท่าที่ควร แต่นักเรียนให้ความสนใจเป็นอย่างมาก นักเรียนสามารถจับใจความสำคัญจากคำอธิบายในวิถีทัศน์ รวมทั้งสามารถนำสิ่งที่ตนเองได้เรียนรู้มารวมแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อนร่วมชั้นเรียนและครู ซึ่งเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนเปิดใจกว้าง พร้อมกับการทำความเข้าใจวิธีการอันหลากหลายที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และอาจทำให้นักเรียนเห็นคุณค่า เห็นความสำคัญ รวมทั้งให้การยอมรับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้น ตลอดจนสามารถสร้างแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้มากยิ่งขึ้น ส่วนประวัติทางวิทยาศาสตร์บางเรื่อง ยกตัวอย่างเช่น ประวัติการค้นพบโครงสร้างและองค์ประกอบของเซลล์ในเรื่องฉันเป็นใครในโครงสร้างเซลล์ การสร้างสมมติฐานเอนโดซิมไบโอซิส (Endosymbiosis) ในเรื่องวิวัฒนาการของไมโทคอนเดรียและคลอโรพลาสต์ ประวัติการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับการแบ่งเซลล์ในเรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ซึ่งนักเรียนได้ศึกษาเรียนรู้เกี่ยวกับกระบวนการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักวิทยาศาสตร์ ผลงานที่เกิดขึ้น รวมถึงการเผยแพร่ผลงานจนได้รับรางวัลระดับโลก เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนรับรู้และเข้าใจถึงแนวทางการสร้างแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังช่วยให้นักเรียนทำความเข้าใจประเด็นทางวิทยาศาสตร์กับสังคม ทั้งในด้านการร่วมมือกันของนักวิทยาศาสตร์ในการศึกษาค้นคว้าและในด้านการแข่งขันกันเพื่อให้ผลงานของตนเองได้รับการยอมรับหรือได้รับรางวัล ซึ่งจะเป็นการเรียนรู้ที่มีความหมายและสามารถส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความเข้าใจและให้การยอมรับแนวคิดทาง

วิทยาศาสตร์ที่เรียนรู้มากยิ่งขึ้น ซึ่งการส่งเสริมให้นักเรียนศึกษาและทำความเข้าใจประวัติทางวิทยาศาสตร์ในบทเรียนเรื่องต่างๆ จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้น (Abd-El-Khalick ;& Lederman. 2000; Matthew. 1994 citing Limpanont. 2011:149; McComas; Clough; & Almazroa. 2000) และการบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ภายใต้การปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์และการประยุกต์ใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์ลงในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ อาจเป็นอีกหนึ่งแนวทางที่ช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น ทั้งนี้เพราะความเข้าใจเกี่ยวกับการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์และกิจการทางวิทยาศาสตร์ จะช่วยให้นักเรียนเกิดความซาบซึ้งและเห็นคุณค่าของวิทยาศาสตร์ จนเกิดความกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้และพัฒนาความรู้วิทยาศาสตร์ของตนเองต่อไป (สิรินภา กิจเกื้อกูล. 2555)

เช่นเดียวกันมีการส่งเสริมให้นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากหลักฐาน และเชื่อมโยงคำอธิบายที่สร้างขึ้นกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ต้องอยู่บนพื้นฐานของเหตุและผล และมีความสัมพันธ์กับหลักฐานที่เกิดจากกระบวนการสำรวจ ตรวจสอบ จำแนก วิเคราะห์ และลงความเห็น ดังนั้นการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จึงเป็นการเรียนรู้สิ่งใหม่จากการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่ผู้เรียนรู้อยู่แล้วกับสิ่งที่ได้จากกระบวนการเหล่านั้น นอกจากนี้ผู้เรียนยังสามารถตรวจสอบ ประเมิน และเปรียบเทียบคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของตนเองกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการยอมรับแล้ว (Bybee et al. 2006; กุศลิน มุศิกุล. 2557) อีกทั้งยังส่งเสริมให้นักเรียนได้ร่วมกันอภิปราย ร่วมกันตอบคำถาม แสดงความคิดเห็น และได้แย้งเชิงเหตุผลต่อคำถามเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์จากกิจกรรมการเรียนรู้และจากประวัติทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนได้เรียนรู้ ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถตรวจสอบ ประเมิน หรือปรับปรุงคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นจากการที่ผู้เรียนได้ร่วมสนทนา แบ่งปัน เปรียบเทียบกับคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของเพื่อนร่วมชั้นเรียน (กุศลิน มุศิกุล. 2557) เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนได้อธิบายสิ่งที่เรียนรู้ ซึ่งผ่านการวิเคราะห์ข้อมูล สังเคราะห์ข้อมูล ตีความหมาย และสามารถสร้างข้อสรุป รวมทั้งสามารถสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ไปยังผู้อื่นได้ (สาขาชีววิทยา สสวท. 2552; NRC. 2000) นอกจากนี้ยังเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เขียนอนุทินสะท้อนความคิดต่อแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนได้เรียนรู้ ซึ่งอาจเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้ เพราะการเขียนอนุทินเป็นเครื่องมือที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้สะท้อนความคิดจากประสบการณ์การเรียนรู้ เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ตรวจสอบและทบทวนการเรียนรู้ของตนเอง (ศศิเทพ ปิติพรเทพิน. 2556: 33 อ้างอิงจาก Langer. 2000)

อย่างไรก็ตามแม้ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า หลังเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (SC) ในทุกแนวคิด ยกเว้นในแนวคิดเรื่องโครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ ซึ่งพบว่า หลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER จำนวนนักเรียนที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (SC) น้อยมากและน้อยกว่าแนวคิดเรื่องอื่นๆ โดยหลังเรียน นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (PC/MC) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในชั้นการอภิปราย มีระยะเวลาอันจำกัดไม่สามารถส่งเสริมให้นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการอภิปราย แสดง

ความคิดเห็น หรือตอบคำถามเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของตนเองได้อย่างลึกซึ้ง จึงอาจทำให้นักเรียนยังคงมีแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วนในเรื่องนี้ ซึ่งสอดคล้องกับข้อสังเกตที่ว่า การมีระยะเวลาอันจำกัดอาจไม่สามารถเปลี่ยนแปลงการมีแนวคิดคลาดเคลื่อนของผู้เรียนได้ (Yacoubian; & Boujaoude. 2010) ขณะเดียวกันในการอภิปรายครูได้เน้นย้ำให้นักเรียนอภิปรายเกี่ยวกับสมบัติของเยื่อหุ้มเซลล์ ซึ่งยอมให้สารบางชนิดนั้นผ่านเข้า-ออก แต่ไม่ได้ให้ความสำคัญกับการอภิปรายเกี่ยวกับสมบัติของผนังเซลล์ จึงอาจทำให้นักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนว่า ผนังเซลล์ต้องมีสมบัติตรงกันข้ามกับเยื่อหุ้มเซลล์ คือ ยอมให้สารทุกชนิดผ่านเข้า-ออกได้

สำหรับแนวคิดที่ถือนักเรียนมีพัฒนาการในการเรียนรู้มากที่สุด คือ การเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์ เพราะจากก่อนเรียนนักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อน (MC) ในเรื่องนี้มากที่สุด แต่หลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (SC) ในเรื่องนี้มากที่สุดเช่นกัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกิจกรรมการเรียนรู้ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER ในเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์ ซึ่งเริ่มจากการอ่านประวัติและผลงานของเซอร์จอห์น บี กอร์ดอนจากไปความรู้ที่ครูแจกให้ ตอบคำถามแสดงแนวคิดเดิม แล้วตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์ในขั้นการสร้างความรู้ความสนใจและการตรวจสอบความรู้เดิม จากนั้นนักเรียนใช้ทักษะการสังเกตและการลงความเห็นจากภาพเซลล์ต้นกำเนิดเปลี่ยนแปลงสภาพไปเป็นเซลล์ชนิดต่างๆ และได้ศึกษาเรียนรู้เกี่ยวกับ เซลล์ต้นกำเนิด จากวิดีโอ ในขั้นการสืบเสาะ อีกทั้งมีการสร้างคำอธิบายของตนเองต่อคำถามในขั้นการอธิบาย มีการนำเสนอผลคำอธิบายที่สร้างขึ้นและร่วมกันตอบคำถามหรือโต้แย้งเชิงเหตุผลกันในการอภิปราย รวมทั้งเขียนอนุทินสะท้อนความคิดเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ได้เรียนรู้ในขั้นการสะท้อนความคิดต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้แม้ว่ากิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าวอาจไม่มีความโดดเด่นแต่ก็มีลักษณะเฉพาะของกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER อย่างครบถ้วน จึงสามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องที่เรียนรู้ได้มากยิ่งขึ้น ขณะเดียวกันบริบทของแนวคิดเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์เป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถเข้าใจได้ง่าย ไม่มีความซับซ้อน ซึ่งอาจเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่หลังเรียนนักเรียนสามารถสร้างแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้มากขึ้น

3. ผลของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER ที่มีต่อความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

จากผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่า นักเรียนที่เรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER มีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์หลังเรียนแตกต่างจากก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานในข้อที่ 2 ที่ตั้งไว้ โดยหลังเรียนนักเรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียน และสอดคล้องกับผลการวิจัยที่ผ่านมาจำนวนหนึ่ง ซึ่งพบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีการบูรณาการลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ลงในบทเรียน มีการบ่งชี้ อภิปราย และสะท้อนความคิดต่อลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่มี

การบูรณาการลงไป สามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีมุมมองหรือความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับมิติประชาคมทางวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น (ลือชา ลดาชาติ และ ลฎาภา สุทธกุล. 2555; Khishfe. 2008; Khishfe; & Abd-El-Khalick. 2002; Khishfe; & Lederman. 2006; Liangkilas. 2009; Yacoubian; & BouJaoude. 2010) นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับผลการวิจัยของ แดส (Dass. 2005) ลิมปานนท์ (Limpanont. 2011) ไรต์ สมิทท์ (Reid-Smith. 2013) ซึ่งพบว่า การจัดการเรียนรู้ที่มีการบ่งชี้ อภิปราย และสะท้อนความคิดต่อประวัติทางวิทยาศาสตร์ในเนื้อหาบทเรียนสามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สอดคล้องกับมิติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ได้ ขณะเดียวกันผลการวิจัยก็เป็นไปตามข้อสังเกตที่ว่า การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ผ่านวิธีการเรียนรู้ที่หลากหลายควบคู่กัน ทั้งการสืบเสาะหาความรู้ การอภิปราย การบ่งชี้และสะท้อนความคิด และการใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์ โดยไม่จำกัดเพียงวิธีการใดวิธีการหนึ่ง สามารถพัฒนาหรือส่งเสริมให้นักเรียนมีมุมมองหรือความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างสอดคล้องกับมิติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ได้ (Abd-El-Khalick; & Lederman. 2000; Limpanont. 2011) เช่นเดียวกันกับข้อสังเกตจากหลักฐานในงานวิจัยที่ผ่านมา ซึ่งพบว่า การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีการบ่งชี้และสะท้อนความคิดให้ผลเชิงบวกในการพัฒนาหรือส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์นักเรียนมากกว่าการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ไม่มีการบ่งชี้และสะท้อนความคิด (Lederman; & Lederman. 2014)

ทั้งนี้การที่นักเรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพิ่มมากขึ้นหลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER เนื่องมาจากกระบวนการเรียนรู้ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER มีความสำคัญ ดังนี้ มีการบ่งชี้ลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนต้องเรียนรู้ โดยมีการแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ให้กับนักเรียน เพื่อให้นักเรียนเข้าใจและยอมรับเป้าหมายของการเรียนรู้ในแต่ละครั้ง ซึ่งเป็นการให้ความสำคัญกับการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เทียบเท่ากับการเรียนรู้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (Liangkilas. 2009) นอกจากนี้ยังมีการนำประวัติทางวิทยาศาสตร์ที่มีลักษณะเป็นประเด็นทางวิทยาศาสตร์กับสังคม มาใช้ในการกระตุ้นความสนใจในการเรียนรู้ของนักเรียน เป็นการท้าทายให้นักเรียนเกิดความสงสัย ตั้งคำถาม กระตือรือร้นจะหาคำตอบให้กับข้อสงสัยหรือคำถามของตนเอง อีกทั้งยังส่งเสริมให้นักเรียนได้สะท้อนความคิดผ่านการตอบคำถาม แสดงความคิดเห็น ซึ่งการที่นักเรียนมีความเข้าใจต่อประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม ย่อมจะช่วยให้ นักเรียนเกิดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น โดยนักเรียนจะเข้าใจได้ว่า วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมของมนุษย์ ดังนั้นอิทธิพลทางสังคมและวัฒนธรรมจึงส่งผลต่อการตีความหมาย การยอมรับและไม่ยอมรับวิทยาศาสตร์ (พินิจ ขำวงษ์. 2551) อีกทั้งการนำประเด็นทางวิทยาศาสตร์กับสังคมมาใช้ในการจัดการเรียนรู้จะส่งเสริมให้นักเรียนสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้มากยิ่งขึ้น โดยจะช่วยให้ นักเรียนเห็นความสัมพันธ์อันซับซ้อนระหว่าง วิทยาศาสตร์ สังคม และมนุษย์ (พินิจ ขำวงษ์. 2551 อ้างอิงจาก Sadler and Zeidler. 2003)

นอกจากนี้ยังมีการส่งเสริมให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการหาข้อมูลหรือหลักฐานโดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายร่วมกับการใช้ทักษะการคิด เพื่อให้นักเรียนนำ

หลักฐานไปใช้ในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนมีความเข้าใจ ลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ด้านวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน ด้านวิทยาศาสตร์อาศัยทั้ง การสังเกตและการลงความเห็น ด้านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้มีความหลากหลาย และด้าน ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการมีผลต่อการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนจะเห็น ความสำคัญของหลักฐานและให้ความสำคัญกับกระบวนการซึ่งทำให้ได้หลักฐานซึ่งมีหลากหลาย กระบวนการ การได้หลักฐานอย่างหนึ่งอย่างใดอาจจะใช้กระบวนการสืบเสาะมากกว่าหนึ่ง กระบวนการหรือใช้หลากหลายกระบวนการร่วมกัน ทั้งการสังเกต การสำรวจ การทดลอง การคิด ไตร่ตรอง การคิดจินตนาการ เพื่อใช้หลักฐานนั้นมาสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นเหตุ เป็นผล สอดคล้องกับข้อเสนอแนะที่ว่า หากในการเรียนรู้ นักเรียนได้รับโอกาสให้ใช้กระบวนการสืบ เสาะหาความรู้ที่หลากหลาย ย่อมทำให้นักเรียนเข้าใจว่าการสืบเสาะหาความรู้ไม่ได้จำกัดแค่ วิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่มีการเรียงลำดับขั้นตอนที่ชัดเจนแน่นอน และไม่ใช้แค่การทดลองเท่านั้น (AAAS. 2016; Crowther; Lederman; & Lederman. 2005: 50; Lederman et al. 2002) และ สอดคล้องกับข้อคิดเห็นที่ว่า การทำปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ อาจช่วยให้นักเรียนเข้าใจ กระบวนการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ได้อย่างลึกซึ้งมากยิ่งขึ้น (สิรินภา กิจเกื้อกูล. 2555: 123 อ้างอิงจาก Allchin et al. 1999) อีกทั้งสอดคล้องกับข้อเสนอแนะที่ว่า เมื่อนักเรียนได้ลงมือ ปฏิบัติการสำรวจตรวจสอบ สืบเสาะหาความรู้จะช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงระหว่างสิ่งที่พวกเขาทำในห้องเรียนวิทยาศาสตร์กับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะทำให้นักเรียนเข้าใจ บทบาทของนักวิทยาศาสตร์ที่มีต่อสังคม มากกว่าการที่นักเรียนได้รับรู้ถึงบทบาทและการทำงานของ นักวิทยาศาสตร์จากข่าวสารทางโทรทัศน์หรือหนังสือพิมพ์เท่านั้น (Crowther; Lederman; & Lederman. 2005: 52)

สำหรับบางกิจกรรมการเรียนรู้มีการนำใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์มาให้นักเรียนได้ ศึกษาเรียนรู้ทั้งด้านลักษณะการทำงาน การเผยแพร่ผลงานของนักวิทยาศาสตร์ พัฒนาการของ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ หลากหลายด้านทั้ง ด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ด้านกระบวนการสืบ เสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความหลากหลาย ด้านความเป็นอัตนัยของนักวิทยาศาสตร์มีผลต่อ การทำงานทางวิทยาศาสตร์ ด้านความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการมีผลต่อการสร้างความรู้ทาง วิทยาศาสตร์ ด้านวิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมทางสังคม และด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมมี ผลกระทบซึ่งกันและกัน โดยประวัติทางวิทยาศาสตร์ทั้งที่ปรากฏในชั้นนี้ จะต้องถูกนำมาให้นักเรียน ได้สะท้อนความคิดผ่านการตอบคำถาม แสดงความคิดเห็นในชั้นการสะท้อนความคิดต่อธรรมชาติ ของวิทยาศาสตร์ ลักษณะเช่นนี้สอดคล้องกับข้อเสนอแนะที่ว่า การนำประวัติทางวิทยาศาสตร์เรื่อง ต่างๆ มาจัดการเรียนรู้ให้กับนักเรียนเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์ได้อีกแนวทางหนึ่ง ทั้งนี้เพราะนักเรียนจะเข้าใจว่า นักวิทยาศาสตร์ใช้กระบวนการ ได้อย่างในการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนเทคโนโลยีและสังคมมีผลอย่างไรต่อการทำงาน ของนักวิทยาศาสตร์ (Dass. 2005; Yip.2006) แม้ว่าบางงานวิจัย (Reid-Smith. 2013) ได้ระบุว่า ยัง

มีความไม่ชัดเจนเกี่ยวกับลักษณะของประวัติทางวิทยาศาสตร์ที่จะสามารถพัฒนามุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ แต่สำหรับงานวิจัยนี้พบว่า ประวัติทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ด้านวิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมทางสังคมและด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมมีผลกระทบซึ่งกันและกันนั้น เป็นประวัติทางวิทยาศาสตร์ที่มีลำดับต่อเนื่องแสดงให้เห็นถึงพัฒนาการหรือวิวัฒนาการของการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มีหลักฐานหรือประจักษ์พยานแสดงให้เห็นว่า การพัฒนาทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคุณภาพชีวิตของคนในสังคมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน การสนับสนุนหรือขัดขวางจากสังคมมีผลต่อการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ และความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีส่งผลให้การศึกษาค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์มีความก้าวหน้า รวดเร็วมากยิ่งขึ้น

ขณะเดียวกันมีการส่งเสริมให้นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากหลักฐานและเชื่อมโยงคำอธิบายที่สร้างขึ้นกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งการที่นักเรียนได้เลียนแบบการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักวิทยาศาสตร์โดยอาศัยประจักษ์พยานยืนยัน จะทำให้นักเรียนเข้าใจว่า วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน ขณะเดียวกันความเป็นอัตนัยและความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการของนักวิทยาศาสตร์ที่มีผลต่อการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพราะนอกจากการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยอาศัยหลักฐานแล้วนักวิทยาศาสตร์ยังต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์หรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ด้วยเช่นเดียวกัน สอดคล้องกับแนวคิดที่ว่า การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ต้องนำประจักษ์พยานมาประกอบส่วนการสร้างคำอธิบายจากความเชื่อส่วนตัว ความเชื่อทางศาสนา การคาดเดา หรือจากความเข้าใจผิด คำอธิบายนั้นจะยังไม่จัดว่าเป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (กุศลสิน มุสิกกุล. 2557) อีกทั้งนักเรียนยังได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน โดยการสื่อสาร เผยแพร่ผลงาน และโต้แย้งเชิงเหตุผล เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านวิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมทางสังคมมากยิ่งขึ้น เพราะจะช่วยให้นักเรียนเข้าใจลักษณะของการเผยแพร่หรือการนำเสนอความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นหรือคิดค้นขึ้นต่อประชาคมทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะมีการวิพากษ์วิจารณ์ผลงานของนักวิทยาศาสตร์โดยประชาคมทางวิทยาศาสตร์ หากผลงานเป็นที่ยอมรับก็จะได้รับการเผยแพร่สู่สาธารณชนต่อไป และทำให้นักเรียนเข้าใจตลอดจนสามารถเชื่อมโยงความเป็นกิจกรรมทางสังคมของวิทยาศาสตร์และการที่วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมที่เกิดขึ้นจากความพยายามของมนุษย์ สอดคล้องกับความเห็นว่า การสื่อสารองค์ความรู้ที่สร้างขึ้นไปสู่ผู้อื่น เพื่อให้เกิดการวิพากษ์ โต้แย้งเชิงเหตุผล ตลอดจนนำข้อคิดเห็นของผู้อื่นมาเป็นแนวทางในการตรวจสอบข้อมูลหลักฐานเพิ่มเติม ย่อมทำให้เกิดการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ (ประมวล ศิริผั่นแก้ว. 2553) รวมทั้งยังเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สะท้อนความคิดต่อลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนได้รับการบ่งชี้ให้เรียนรู้จากกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และจากประวัติทางวิทยาศาสตร์ โดยมุ่งให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นต่อความสัมพันธ์ของลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านต่าง ๆ ซึ่งการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ต่อลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่มีการ

เชื่อมโยงลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จากลักษณะใดลักษณะหนึ่งสู่ลักษณะอื่นๆ อาจช่วยทำให้นักเรียนสามารถเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในลักษณะต่างๆ ควบคู่กันไป

อย่างไรก็ตามผลการวิจัยยังแสดงให้เห็นว่า แม้ว่าหลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER จะมีจำนวนนักเรียนในกลุ่มที่มีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สอดคล้องกับมิติประชาคม (I) เพิ่มขึ้นในทุกลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ แต่นักเรียนส่วนใหญ่ยังอยู่ในกลุ่มที่มีความเข้าใจในระยะปรับเปลี่ยน (T) ต่อลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แทบทุกด้าน ยกเว้นด้านวิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมทางสังคม ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม มีผลกระทบซึ่งกันและกัน ทั้งนี้จากการพิจารณาคำตอบของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนในกลุ่มที่มีความเข้าใจในระยะปรับเปลี่ยน (T) พบว่า หลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER นักเรียนสามารถอธิบายเหตุผลสนับสนุนความเข้าใจของตนเองได้มากยิ่งขึ้น นอกจากนั้นเหตุผลที่นำมาสนับสนุนหรืออธิบายมีความถูกต้องสอดคล้องกับมิติประชาคมทางวิทยาศาสตร์มากกว่าก่อนเรียน แม้จะยังไม่ครบถ้วนเพียงพอก็ตาม อย่างเช่นด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ซึ่งพบว่า หลังเรียนนักเรียนบางส่วนมีความเข้าใจเกี่ยวกับความสามารถในการเปลี่ยนแปลงได้ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในมิติที่ซับซ้อนกว่าก่อนเรียน โดยนักเรียนสามารถอธิบายเหตุผลของการที่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้มากกว่าหนึ่งเหตุผล โดยนอกจากนักเรียนจะเข้าใจว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อมีหลักฐานใหม่หรือนักวิทยาศาสตร์ทำการทดลองใหม่นักวิทยาศาสตร์มีแนวคิดใหม่ แต่นักเรียนยังสามารถเข้าใจได้ว่า การที่บริบททางสังคมและวัฒนธรรมเปลี่ยนแปลงไป ส่งผลให้นักวิทยาศาสตร์มีเครื่องมือ เทคโนโลยี ทุนหรือทรัพยากรที่ใช้ในการสืบเสาะหาความรู้เปลี่ยนแปลงด้วย เช่นเดียวกันกับการที่สังคมให้การสนับสนุนหรือขัดขวางซึ่งปัจจัยเหล่านี้ย่อมมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้วยเช่นกัน แสดงให้เห็นว่ากิจกรรมการเรียนรู้หรือประวัติทางวิทยาศาสตร์ในหน่วยการเรียนรู้เรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER ช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ในมิติที่ซับซ้อนมากขึ้น แม้นักเรียนส่วนใหญ่จะยังคงจัดว่าอยู่ในกลุ่มมีความเข้าใจในระยะปรับเปลี่ยนเป็นส่วนใหญ่เช่นเดียวกับก่อนเรียนก็ตาม

ทั้งนี้สามารถเชื่อมโยงได้ว่า หลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER นักเรียนมีความเข้าใจสอดคล้องกับมิติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (I) ในลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมที่มีผลกระทบซึ่งกันและกัน และด้านวิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมทางสังคมเพิ่มขึ้นกว่าด้านอื่นๆ อาจเนื่องมาจากประวัติทางวิทยาศาสตร์ที่นำมาใช้มีลักษณะเป็นประเด็นทางวิทยาศาสตร์กับสังคมอย่างชัดเจน จึงสามารถนำมาใช้ในการส่งเสริมให้นักเรียนเรียนรู้ลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านวิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมทางสังคม และด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมได้เป็นอย่างดี สอดคล้องกับข้อสังเกตว่า การนำประเด็นทางวิทยาศาสตร์กับสังคมมาใช้ต้องอาศัยการอภิปรายจึงจะสามารถเปิดมุมมองให้กับนักเรียนอย่างรอบด้าน (กมลวรรณ กันยาประสิทธิ์, 2558) นอกจากนี้บางประวัติทางวิทยาศาสตร์ที่นำมาใช้ในรูปแบบการเรียนรู้ยังมีลำดับต่อเนื่องแสดงให้เห็นถึงพัฒนาการของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ อีกทั้งมี

สถานการณ์ที่เป็นประจักษ์พยานแสดงให้เห็นว่า การพัฒนาทางเทคโนโลยีมีผลทำให้เกิดการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์และคุณภาพชีวิตของคนในสังคม ส่วนการสนับสนุนหรือขัดขวางของสังคมก็มีผลต่อการพัฒนาหรือสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้วยเช่นกัน ซึ่งประวัติทางวิทยาศาสตร์ลักษณะนี้สามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในทั้งสองด้านมากขึ้น สอดคล้องกับข้อเสนอแนะที่ว่า การส่งเสริมให้นักเรียนศึกษาและทำความเข้าใจประวัติทางวิทยาศาสตร์ในบทเรียนเรื่องต่างๆ จะช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้น (McComas; Clough; & Almazroa. 2000)

สำหรับลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านวิทยาศาสตร์อาศัยทั้งการสังเกตและการลงความเห็นเป็นอีกด้านหนึ่งซึ่งถือว่า หลังการเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER จำนวนนักเรียนในกลุ่มที่มีความเข้าใจที่สอดคล้องกับมติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (I) น้อยกว่าด้านอื่นๆ ยกเว้นด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ แม้ว่าจะมีจำนวนนักเรียนในกลุ่มที่ไม่มีความเข้าใจหรือไม่ตอบคำถาม (NU) ลดลงก็ตาม แต่เมื่อพิจารณาคำตอบของนักเรียน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ยังคงอธิบายได้เพียงว่า การสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์อาศัยหลักฐานที่มาจาก การทดลอง การสังเกต หรือการสำรวจ แต่นักเรียนยังขาดความตระหนักว่า การสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ส่วนหนึ่งต้องอาศัยการลงความเห็นหรือการอนุมานจากหลักฐาน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการสะท้อนความคิดต่อลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านนี้ยัง ไม่มีความชัดเจนหรือเป็นไปอย่างลึกซึ้ง หรือนักเรียนอาจไม่ได้ให้ความสำคัญกับลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในด้านนี้เท่าที่ควรในการสะท้อนความคิด แต่มุ่งความสนใจไปยังลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านอื่นๆ เช่น กระบวนการสืบเสาะหาความรู้มีความหลากหลาย ปัจจัยเหล่านี้อาจส่งผลให้นักเรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านนี้แบบผิวเผินไม่สามารถอธิบายเหตุผลหรือยกตัวอย่างสนับสนุนความเข้าใจของตนเองได้เพียงพอ ทั้งนี้การบ่งชี้ให้นักเรียนเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์หลายลักษณะร่วมกันในแต่ละครั้งของการเรียนรู้ อาจไม่สามารถส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในทุกด้านอย่างลึกซึ้ง หรืออาจเป็นเพราะความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่เปลี่ยนแปลงได้ยาก จึงมีนักเรียนที่ยังไม่ได้แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนถึงการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของตนเอง (ลีอชา ลดาชาติ; และลฎาภา สุทธกุล. 2555: 87 อ้างอิงจาก Buaraphan. 2011)

ส่วนลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความหลากหลายเป็นด้านที่พบว่า ก่อนเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER มีจำนวนนักเรียนในกลุ่มที่มีความเข้าใจไม่สอดคล้องกับมติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (N) มีจำนวนสูงกว่าด้านอื่นๆ แต่หลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER จำนวนนักเรียนที่มีความเข้าใจไม่สอดคล้องกับมติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (N) ลดลง ส่วนจำนวนนักเรียนที่มีความเข้าใจสอดคล้องกับมติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (I) เพิ่มขึ้นแม้จะมีจำนวนไม่สูงมากนักก็ตาม ทั้งนี้สำหรับนักเรียนส่วนที่สามารถพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของตนเองได้ อาจเนื่องมาจากรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER ในขั้นการสืบเสาะ มีกิจกรรมการเรียนรู้ที่สามารถ

ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความเข้าใจลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในด้านนี้ โดยกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นนี้เน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการสืบเสาะหาหลักฐานด้วยกระบวนการอันหลากหลาย ทั้งการสำรวจ สังเกต ทดลอง สืบค้น ออกแบบการทดลอง การใช้ทักษะการคิด ซึ่งลักษณะของกิจกรรมการเรียนรู้เช่นนี้ สอดคล้องกับข้อเสนอแนะว่า การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการอันหลากหลาย อย่างเช่น การสังเกตและลงข้อสรุปจากวิธีการอื่นๆ จะทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจว่า กระบวนการสืบเสาะหาความรู้มีความหลากหลาย และไม่จำกัดเฉพาะแต่การทดลองเท่านั้น (สุทธิดา จำรัส ; นฤมล ยุตาคม; และพรทิพย์ ไชโยส. 2552) ส่วนนักเรียนที่ยังคงมีความเข้าใจไม่สอดคล้องกับมิติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (N) อาจเนื่องมาจากนักเรียนยังไม่สามารถยอมรับหรือเปลี่ยนแปลงความเข้าใจของตนเองได้หลังเรียนรู้ เพราะสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ขัดแย้งกับความเชื่อเดิมของนักเรียน จนนักเรียนไม่สามารถปรับสมดุลทางความคิดของตนเองได้ นักเรียนจึงยังคงยึดถือความเชื่อของตนเองมากกว่าที่จะยอมเปลี่ยนแปลงความเชื่อและความเข้าใจ สอดคล้องกับแนวคิดที่ว่า ความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงอาจเป็นผลมาจากความเชื่อพื้นฐานและมุมมองที่มีต่อโลกซึ่งฝังแน่นอยู่ในตัวนักเรียน (ลือชา ลดาชาติ; และลลภา สุธรรณ. 2555: 87 อ้างอิงจาก Cobern. 2000) นอกจากนี้การที่ผู้เรียนจะเลยที่จะมีส่วนร่วมในการสะท้อนความคิด อาจทำให้ผู้เรียนยังคงยึดถือความเข้าใจเดิมของตนเองไว้และไม่สามารถมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้สอดคล้องกับมิติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (Yacoubian; & Boujaoude. 2010)

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 รูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการส่งเสริมให้นักเรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ควบคู่กับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ สามารถใช้เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ให้กับนักเรียนในโรงเรียนทั่วไปซึ่งบริบทของห้องเรียนมีนักเรียนแบบกระจายความสามารถ และสามารถประยุกต์ใช้กับเนื้อหาบทเรียนวิทยาศาสตร์ได้หลากหลาย

1.2 ครูวิทยาศาสตร์ที่สนใจนำรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER ไปใช้ในการส่งเสริมให้นักเรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ควบคู่กับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ จำเป็นต้องมีการเตรียมความพร้อมของตนเอง โดยเปิดใจให้กว้างพร้อมที่จะเรียนรู้สิ่งใหม่หรือสิ่งต่างๆ อย่างสม่ำเสมอ เพราะในการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER เป็นแนวทางจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้กับนักเรียนจำเป็นต้องใช้ระยะเวลา ใช้แหล่งการเรียนรู้ และสื่อประกอบการเรียนรู้ที่หลากหลาย ครูต้องมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จากเนื้อหาบทเรียนและประวัติทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งสามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้เหมาะสมกับเนื้อหาบทเรียนวิทยาศาสตร์และลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่จะจัดการเรียนรู้ ดังนั้นครูจึงควรเตรียมความพร้อมในทุกด้าน ไม่ว่าจะเป็นการวิเคราะห์ลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ครอบคลุมเนื้อหาและหลักสูตร การเลือกใช้สื่อประกอบการจัดการเรียนรู้ หรือการแนะนำแหล่ง

เรียนรู้ให้กับนักเรียน รวมทั้งต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนมีเวลาในแต่ละกระบวนการเรียนรู้ อย่างเพียงพอ กับเนื้อหาบทเรียนและลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

1.3 การนำรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER ไปใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ การเขียนอนุทินของนักเรียน ในขั้นการสะท้อนความคิดต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ควรมีการให้ผลย้อนกลับแก่นักเรียนรายบุคคล รวมทั้งนำผลจากการวิเคราะห์ห้อนุทินมาสะท้อนความคิดร่วมกันในชั้นเรียนอีกครั้ง เพื่อเป็นการพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนมากยิ่งขึ้น และทำให้ขั้นการสะท้อนความคิดต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มีความสมบูรณ์และบรรลุจุดมุ่งหมายของขั้นนี้มากยิ่งขึ้น

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

เนื่องจากการศึกษาการพัฒนาหรือส่งเสริมการมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในบริบทของนักเรียนไทยยังมีน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หรือเจตคติทางวิทยาศาสตร์ จึงควรมีการศึกษาการพัฒนาหรือส่งเสริมแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้มากยิ่งขึ้น โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER อาจเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำไปใช้พัฒนาหรือส่งเสริมแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ ทั้งนี้ครูสามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับเนื้อหาบทเรียนวิทยาศาสตร์ รวมทั้งระดับชั้นและวัยของนักเรียน



บรรณานุกรม

- กมลวรรณ กันยาประสิทธิ์. (2558). ประเด็นทางวิทยาศาสตร์กับสังคมเพื่อทักษะในศตวรรษที่ 21. วารสารศึกษาศาสตร์. 26(2). 1-9.
- กาญจนา มหาลี. (2553). การพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยการสอนแบบชัดเจนร่วมกับการสะท้อนความคิด. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา) กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร
- กุศลีน มุสิกกุล. (2550). การเรียนรู้โดยใช้ Scientific Inquiry. นิตยสารสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 35(149): 36-38.
- กุศลีน มุสิกกุล. (2557). การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ Scientific Inquiry. สืบค้นเมื่อ 20 สิงหาคม 2558, จาก <http://earlychildhood.ipst.ac.th/archives/53>
- ขวัญฤทัย เทียงจันทราทิพย์. (2553). การพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับระบบต่อมไร้ท่อและความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา) กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร
- โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
กระทรวงศึกษาธิการ. (2556). ผลการประเมิน PISA 2012 คณิตศาสตร์ การอ่าน และวิทยาศาสตร์ บทสรุปสำหรับผู้บริหาร. กรุงเทพฯ : แอดวานซ์ พรินติ้ง เซอร์วิส จำกัด
- จิตติมา ดมหอม. (2553). ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ต่อการพัฒนาแนวคิดและเจตคติต่อการเรียนเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา) กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร
- จุฬารัตน์ ธรรมประทีป. (2554). มโนคติทางเลือกทางชีววิทยา. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 4 (1) : 87-96
- ฉวีวรรณ สีสม. (2555). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐานในหน่วยการเรียนรู้วิชาเคมีทั่วไป สำหรับนักศึกษาศาสนาบัณฑิตศึกษา. ปริญญาานิพนธ์ กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร
- ชาติรี ฝ่ายคำตา. (2552ก). การจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 11 (1): 33-45.
- _____. (2552ข). วิเคราะห์แนวคิดของผู้เรียน เครื่องมือสำหรับครูวิทยาศาสตร์ในยุคปฏิรูปการศึกษา. วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 24 (2): 1-10.

- ไทรรัตน์ รัตนเดช. (2551). การพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์) กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ทิตนา แวมมณี. (2551). ศาสตร์การสอนองค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ทัศนียา รัตนากุทัย; กัญจนา ชีระกุล; และนฤมล ยุตาคม. (2549). แนวคิดทางพันธุศาสตร์ของนักเรียนด้อยโอกาสช่วงชั้นที่ 4 ของประเทศไทย. วิทยาการเกษตรศาสตร์ สาขาสังคมศาสตร์, 27(2): 234-245.
- ธีระชัย ปุณฺณโชติ. (2536). “ความรู้ทางวิทยาศาสตร์” ประมวลสาระชุดสารัตถะและวิทยวิธีทางวิทยาศาสตร์. นนทบุรี : โรงพิมพ์สุโขทัยธรรมมาธิราช.
- บุญเลี้ยง ทุมทอง. (2556). ทฤษฎีและการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์เอสพีรันทดิงแฟคทอรี
- ประมวล ศิริพันธ์แก้ว. (2553). การจัดการเรียนการสอนที่ยึดแนวทางการสืบเสาะหาความรู้. สืบค้นเมื่อ 15 ตุลาคม 2559, จาก <http://teacherkobwit2010.wordpress.com/inquiry-method/>
- ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ. (2551). รายงานการวิจัยเรื่องการปรับปรุงหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาการประถมศึกษา. กรุงเทพฯ: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- พินิจ ขำวงษ์. (2551). การเรียนรู้วิทยาศาสตร์จากประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์. เอกสารประกอบการสัมมนา เรื่อง การสอนวิทยาศาสตร์อย่างไรให้สอดคล้องกับบริบทชุมชนเมือง
- พัชรี ศรีสังข์. (2551). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิชาจิตวิทยาสังคมโดยใช้ชุมชนและประสบการณ์เป็นฐานเพื่อเสริมสร้างคุณลักษณะของบัณฑิตที่พึงประสงค์. วิทยานิพนธ์ กศ.ด. (การวิจัยและพัฒนาหลักสูตร) กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2543). วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์. กรุงเทพฯ. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
- ภพ เลหาไฟบูลย์. (2540). แนวการสอนวิทยาศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช
- ลือชา ลดาชาติ; และลฎาภา สุทธกุล. (2555). การสำรวจและการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์, 4(2): 73-90
- ลือชา ลดาชาติ; ลฎาภา สุทธกุล; และชาติรี ฝ่ายคำตา. (2556). ความแตกต่างที่สำคัญระหว่างการส่งเสริมการเรียนการสอน “ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์” ภายนอกและภายในประเทศไทย. วิทยาการเกษตรศาสตร์ สาขาสังคมศาสตร์, 34: 269-282.

- วรรณทิพา รอดแรงคำ. (2540). *Constructivism*. กรุงเทพฯ : คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร
- ศศิเทพ ปิติพรเทพิน. (2556). การพัฒนาและติดตามศักยภาพในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ของ
นิสิตครูวิทยาศาสตร์. วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการ
เรียนรู้, 4 (1): 25 - 37.
- ศศิเทพ ปิติพรเทพิน; และสุรเดช ศรีทา. (2555). ผลการจัดการเรียนรู้วิชาชีววิทยาเรื่อง การแบ่ง
เซลล์โดยการสร้างภาพเคลื่อนไหวแบบการเคลื่อนที่หยุดด้วยดินน้ำมันของนักเรียน
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยาสารเกษตรศาสตร์ สาขาสังคมศาสตร์, 33: 397-409.
- สถาบันวิทยาศาสตร์ สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2555). การวิจัยเชิงคุณภาพเพื่อศึกษา
ความเข้าใจของนักเรียน. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์อักษรไทย.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่ม
วิทยาศาสตร์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอน
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2545). มาตรฐานครูวิทยาศาสตร์และ
เทคโนโลยี. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คอมแพคท์พริ้น จำกัด.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2553). ผลการประเมิน PISA 2009 การอ่าน
คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ บทสรุปเพื่อการบริหาร. กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการ
สอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. สืบค้นเมื่อ 10 สิงหาคม 2556, จาก
http://www3.ipst.ac.th/files/PISA2009_A.pdf
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม
ชีววิทยา เล่ม 1. พิมพ์ครั้งที่ 3 กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.
- สาขาชีววิทยา สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2545). รูปแบบการเรียนการ
สอนที่พัฒนากระบวนการคิดระดับสูง วิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย.
กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. สืบค้นเมื่อ 10 สิงหาคม
2556, จาก <http://biology.ipst.ac.th/?p=688>
- สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2555). ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และตัวชี้วัดการเรียนรู้. วารสารศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยนเรศวร, 14 (3): 119-124
- สิรินภา กิจเกื้อกูล; และ นฤมล ยุตาคม. (2547). การศึกษาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงของ
นักเรียนช่วงชั้นที่ 4. วิทยาสารเกษตรศาสตร์ สาขาสังคมศาสตร์, 25(2): 139-149.
- สิรินภา กิจเกื้อกูล; นฤมล ยุตาคม; และ อรุณี อิงคากุล. (2548). ความเข้าใจธรรมชาติของ
วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วิทยาสารเกษตรศาสตร์ สาขา
สังคมศาสตร์, 26(2): 133-145.

- สุทธิดา จำรัส; และนฤมล ยุตาคม. (2551). ความเข้าใจและการสอนธรรมชาติวิทยาศาสตร์ในเรื่องโครงสร้างอะตอมของครูผู้สอนวิชาเคมี. *วิทยาสารเกษตรศาสตร์ สาขาสังคมศาสตร์*, 29 (3): 228 -239.
- สุทธิดา จำรัส; นฤมล ยุตาคม; และพรทิพย์ ไชยโส. (2552). ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 14(4): 360-374
- สุธาวัลย์ มีศรี และคนอื่นๆ (2550). ผลของโปรแกรมฝึกอบรมครูวิทยาศาสตร์เพื่อเสริมสร้างความรู้ด้านการสอน เรื่อง ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: *วารสารวิจัยทางการศึกษาคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร*, 2 (1): 101-110.
- สุนีย์ คล้ายนิล; ปรีชาญ เดชศรี; และอัมพิกา ประโมจน์ย์. (2551). ความรู้และสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สำหรับวันพรุ่งนี้ รายงานจากการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ PISA 2006. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)
- สุวัฒน์ นิยมคำ. (2531). *ทฤษฎีและทางปฏิบัติในการสอนวิทยาศาสตร์สืบเสาะหาความรู้*. กรุงเทพฯ: เจเนอรัลบุ๊คส์ เซนเตอร์
- สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. สืบค้นเมื่อ 10 สิงหาคม 2556, จาก http://www.curriculum51.net/viewpage.php?t_id=64
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2556). *แนวทางการจัดการศึกษาตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ*. สืบค้นเมื่อ 10 สิงหาคม 2556, จาก http://www.onec.go.th/onec_web/page.php
- อาทิตยา จิตรเอื้อเพื่อ. (2551). *การส่งเสริมแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณในเรื่องการตอบสนองของพืชของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์*. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์) กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร
- อุษา นาคทอง; ธีราพร อนันตะเศรษฐกุล; และนฤมล ยุตาคม. (2550). แนวคิดเรื่องเซลล์และกระบวนการของเซลล์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วิทยาสารเกษตรศาสตร์ สาขาสังคมศาสตร์*, 28(1): 3-10.
- อำนาจ ระวิพงษ์. (2542). *การศึกษามโนคติที่คลาดเคลื่อนในวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จังหวัดสุรินทร์*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- American Association for the Advancement of Science. (1993). *Science For All American, The Nature of science*. Retrieved August 10, 2013, Form <http://www.project2061.org/publications/sfaa/online/sfaatoc.htm>

- Abd-EL-Khalick, F.; Bell R.L.; & Lederman, N. G. (1998). The Nature of Science and Instructional Practice: Making the Unnatural natural. *Science Education*, 82 (4): 417- 436.
- Abd-EL-Khalick, F.; & Lederman, N. G. (2000). The Influence Historical Approach Course On Students' View Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(10): 1057-1095.
- Bell, B. A. (2010). *Pretest - Posttest Design*. Retrieved March 9, 2015, Form <http://www.srmo.sagepub.com/view/encyc-of-research-design/n331.xml>
- Bell, R. L.; Blair, B.; Crawford, B.; and Lederman, N. G. (2003). Just Do It? Impact of a Science Apprenticeship Program on High School Students' and Scientific Inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(5): 487-509.
- Bell L.R.; Matkins J. J. ; & Gansneder B.M.. (2011). Impacts of Contextual and Explicit Instruction on Preservice Elementary Teachers' Understandings of the Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(4): 414-436.
- Brickhouse, N.W.; Dagher, Z.R.; & Letts, W. J.. (2000). Diversity of Students' Views about Evidence, Theory, and the Interface Between Science and Religion in an Astronomy Cause. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(4): 340-362.
- Brooks, J. G. and Brooks, M. G. (1993). *The Case for a Constructivist Classroom*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Bybee, R.W. (1997). *Achieving Scientific Literacy: Form Purposes to Practices*. Portsmouth, NH: Heinemann Educational Books.
- Bybee,R.W; Taylor, J.A.; Gardner. A.; Scotter. P.V.; Powell. J.C.; Westbrook. A.; Landes. N. (2006). *The BSCS 5E Instructional Model, Origins, Effectiveness, and Applications*. Retrieved November 20, 2016, Form <http://www.bscs.org>
- Chamrat, S. (2009). *Exploring Thai Grade 10 Chemistry Students' Understanding of Atomic Structure Concepts and the Nature of Science Through the Model based Approach*. Doctor of Philosophy (Science Education). Bangkok: Graduate school Kasetsart University. Copied
- Chen, S. (2006). Development of an Instrument to Assess View on Nature of Science and Attitudes Toward Teaching Science. *Science Education*, 90(5): 803-819.
- Chen, S et al. (2013). Development of an Empirical Based Questionnaire to Investigate Young Student' Idea about Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(4): 408-430.

- Clement, P. (2007). Introducing the Cell Concept with both Animal and Plant Cells: A Historical and Didactic Approach. *Science and Education*, 16: 423-440.
- Colburn, A. (2000). An Inquiry Primer. *Science Scope*. 23(6) : 42-44
- Crawford, B.A. (2000). "Embracing the essence of inquiry: New roles for science teachers." *Journal of Research in Science Teaching*, 37(9): 916-937.
- Crowther, D. T.; Lederman, N. G.; & Lederman, J. S. (2005). Understanding the True Meaning of Nature of Science. *Science and Children*, 43(2): 50-52.
- Dass, P. M. (2005). Understanding the nature of science enterprise (NOSE) through discourse with its history : the influence of an understanding 'Historical Approach' course. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 3: 87-115.
- Dang, F.; Chen, D.T.; Tsai, C.C; Chai, C.S. (2011). Students' Views of the Nature of Science: A Critical Review of Research. *Science Education*, 39: 961-999
- Driver, R.; Leach, J.; Millar, R.; & Scott, P. (1996). *Young People Images of Science*. Pennsylvania Bristol: Open University Press.
- Eggen, P. & Kanchak, D. (2001). *Educational Psychology: Windows on Classrooms*. New Jersey: Merrill.
- Eisenkraft, A. 2003. Expanding the 5E model. *Science Teacher*. 70(6): 56-59
- Flick, L. B.; & Lederman, N. G. (2006). *Scientific Inquiry and Nature of Science*. Springer Printed in the Netherlands.
- Flores, F. (2003). "Representation of the cell and its processes in high school students: an integrated view". *International Journal of Science Education*, 25(2): 269-286. 34 (2): 181-197.
- Harwood, W.S. (2004). "An activity model for scientific inquiry." *The Science Teacher*, 71(1): 44-46.
- Irwin, A.R. (2000). "Historical case studies: Teaching the nature of science in context." *Science Education*, 84 (1): 5-26.
- Joyce, B : Weil, M. :& Showers, B. (1992). *Model of Teaching*. 4th ed. Massachusetts: Allyn and Bacon.
- Kang, S.; Scharman, L.C.; and Noh, T. (2005). Examining Students' Views on the Nature of Science : Results Form Korean 6th 8th and 10th graders. *Science Education*, 89(2): 314-334.
- Khishfe, R. (2008). The Development of Seventh Graders' Views of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(4): 470-496.

- Khishfe, R.; & Abd-El-Khalick, F. (2002). Influence on explicit and reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth graders' view of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(7): 551-578.
- Khishfe, R.; & Lederman, N.G. (2006). Teaching nature of science within a controversial topic: Integrated versus nonintegrated. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(4): 395-418.
- Klaiwong, K. (2011). *Development of Inquiry based Teaching Pregame via PCK and UbD. A Professional Development for Biology Preservice Teacher*. Dissertation of Doctor of Education (Science Education) Bangkok: Srinakharinwirot University. Copied
- Kruse, J. (2008). Integrating the Nature of Science throughout the entire school year. *Iowa Science Teacher Journal*, 35 (2): 15-20
- Lawson, A.E. (2000). "A Learning Cycle Approach to Introducing Osmosis" *The American Biology Teacher*, 62(3): 189-196.
- Lederman, N.G. (1992). Students' and Teachers' Conceptions of the Nature of Science: A Review of the Research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4): 331-359.
- Lederman, N. G.; Abd-El-Khalick, F.; Bell, R. L.; & Schwartz, R. S. (2002). Views of nature of science questionnaire :Toward Valid and Meaningful Assessment of Learner's Conceptions of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(3): 497-521.
- Lederman, N. G.; & Lederman,J.S (2014). Is Nature of Science Going, Going, Going, Gone?. *J Sci Teacher Educ*, 25: 235-238.
- Lederman, N. G.; & O'Malley,M. (1990). Student Perception of Tentativeness in Science: Development use, and Source of Change. *Science Education*, 74(2): 225-239.
- Liangkrilas, J. (2009). *Development of Level 4 Biology Students' Understanding of the Nature of Science in the Context of the unit on Respiration: Explicit and Reflective Inquiry based Approach*. Doctor of Philosophy (Science Education). Bangkok: Graduate school Kasetsart University. Copied
- Limpanont, P. (2011). *A Development of the integrated Nature of Science Curriculum to Enhance Student Understanding of Nature of Science and Decision Making on Science based Dilemmas*. Dissertation of Doctor of Education (Science Education) Bangkok: Srinakharinwirot University. Copied

- McComas, W.F.; Clough, M.P.; & Almazroa, H. (2000). "The Role and Character of the Nature of Science in Science Education" In W.F. McComas. (ed.). *The Nature of Science in Science Education Rationales and Strategies*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Nakthong, U. (2007). *Teaching and Learning About Cell and Cell Processes in Grade 10 Using a Social Constructivist Approach*. Doctor of Philosophy (Science Education). Bangkok: Graduate school Kasetsart University. Copied
- National Research Council. (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning*. Washington D.C. :The National Academies Press.
- Noh, T.; & Scharman, L.C. (1997). Instructional Influence of a Molecular-Level Pictorial Presentation of Matter on Student' Conception and Problem Solving Ability. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(2): 199-217.
- Panprueksa, K. (2012). *Development Science Instructional Model Emphasizing Contextual Approach to Enhance Analytical Thinking and Application of Knowledge for Lower Secondary School Students*. Dissertation of Doctor of Education (Science Education) Bangkok: Srinakharinwirot University. Copied
- Reid-Smith, J.A. (2013). Historical Short Story as Nature of Science Instructional in Secondary Science Classroom: Science Teacher' Implementation and Student' Reaction. Dissertation of Doctor of Philosophy (Education) Ames, Iowa: Iowa State University. Copied
- Roth, W. M. and Bowen, G.M. (1993). "An investigation of problem framing and solving in a grade 8 open-inquiry science program." *The Journal of the Learning Sciences*, 3(2): 165-204.
- Sandoval, W.A. 2005. "Understanding Students' Practical Epistemologies and their Influence on Learning through Inquiry." *Science Education*, 89(4): 634-656.
- Saunders, W.L. (1992). The Constructivist Perspective: Implication and Teaching Strategies for Science. *School Science and Mathematics*, 92(3): 136–141.
- Schwartz, R. S.; Lederman, N. G.; & Crawford, B.A. (2004). Developing View of Nature of Science in an Authentic Context: An Explicit Approach to Bridging of Science and Scientific Inquiry. *Science Education*, 88(4): 610-645.
- Science learning hub. (2014). *Nature of Science*. Retrieved January 15, 2014, Form <http://sciencelearn.org.nz/>

- Schwab, J.J. (1970). *BSCS Biology Teacher Handbook*. 2th ed. New York: John Wiley and Sons Science Learning Hub. (2014). Nature of Science. Retrieved March 5, 2014, Form <http://www.sciencelearn.org.nz/Nature-of-Science>
- Sewell, A. (2002). Constructivism and Student Misconception: Why Every Teacher Need to Know About Them. *Australian Science Teachers' Journal*, 48(4): 24–28.
- Shcarman, L.C.; Smith, M.U.; James, M.C.; & Jensen, M. (2005). Explicit Reflective Nature of Science Instructional: Evolution, Intelligent designed and Umbrella logy. *Journal of Science Teacher Education*, 16 (1): 27-41
- Simpson, G.B. (2001). Learner Characteristic, Learning Environments and Constructivism Epistemologies. *Australian Science Teachers' Journal*, 47(2): 17–24.
- Trowbridge, L.W. & Bybee, R.W. (1996). *Teaching Secondary School Science; Strategies for Developing Science Literacy*. 6Th ed. Eaglewood Cliffs. New Jersey: Prentice-Hall, Inc: A Simon & Schuster Company.
- Tytler, R. (2002). Teaching for understanding in science : Student conceptions research and changing views of learning. *Australian Science Teachers' Journal*, 48(3): 14–21.
- Westbrook, S. L.; & Marek, E.A.. (1992). A Cross-Age Study of Student Understanding of concept of Homeostasis. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(1): 51-61
- Wenning, C.J. (2011). The level of Inquiry Model of Science Teaching. *Journal of Physic Teacher Education*. Online. 6(2): 9 - 16
- Wilder, M.; & Shuttleworth, P. (2005). Cell Inquiry: A 5E Learning cycle lesson. *Science Activity*, 41(4): 37-43.
- Wilson D.C. et al. (2010). The Relative Effects and Equity of Inquiry based and Commonplace Science Teaching on Students' Knowledge, Reasoning, and Argumentation. *Journal of research in science teaching*, 47(3): 276-301
- Yacoubian, A.H.; & BouJaoude, S. (2010). The Effect of Reflective Discussion Following Inquiry Based Laboratory Activities on Students' Views of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(10): 1229-1252
- Yip, D.Y. (2006). Using History to Promote Understanding of Nature of Science in Science Teachers. *Teaching Education*, 17(2): 157-166.





ภาคผนวก ก
รายนามผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

- | | |
|--|---|
| 1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุมาลี กาญจนชาติรี | ข้าราชการบำนาญ |
| 2. รองศาสตราจารย์ ดร. ชาติรี ฝ่ายคำตา | คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. คงศักดิ์ พร้อมเทพ | คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยพะเยา |
| 4. อาจารย์ ดร. ปรีธดา ลิ้มปานนท์ พรหมรัตน์ | คณะครุศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 5. อาจารย์ ดร. กุลธิดา นุกุลธรรม | คณะศึกษาศาสตร์และพัฒนศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิทยาเขตกำแพงแสน |
| 6. ดร. เสกสรร ศรีแสง | ครูชำนาญการพิเศษ
โรงเรียนห้วยหมื่นศรีสวัสดิ์
จังหวัดแม่ฮ่องสอน |
| 7. ดร. ณัฐธยาน์ มั่นหมาย | ครูชำนาญการพิเศษ
โรงเรียนบึงสามพันวิทยาคม
จังหวัดเพชรบูรณ์ |
| 8. ดร. สมควร ไข่แก้ว | ครูชำนาญการ
โรงเรียนเมืองกลาง จังหวัดภูเก็ต |
| 9. นางนันทิยา เรือนน้อย | ครูชำนาญการพิเศษ
โรงเรียนพะเยาประสาธน์วิทย์
จังหวัดพะเยา |
| 10. นางอชิรญา ป้อเฮือน | ครูชำนาญการพิเศษ
โรงเรียนเชิงคำวิทยาคม
จังหวัดพะเยา |
| 11. นางสาวกาญจนา มหาลี | ครูชำนาญการพิเศษ
โรงเรียนบ้านนาเรือง
จังหวัดอุบลราชธานี |

หมายเหตุ : 1) ผู้เชี่ยวชาญในการประเมินรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER ได้แก่ ลำดับที่ 1,5,6,7,8

- 2) ผู้เชี่ยวชาญในการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER ได้แก่ ลำดับที่ 1,8,10
- 3) ผู้เชี่ยวชาญในการประเมินแบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ และแบบสัมภาษณ์แนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ ได้แก่ ลำดับที่ 3,6,9
- 4) ผู้เชี่ยวชาญในการประเมินแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ลำดับที่ 2,4,11





ภาคผนวก ข

ผลการหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและ
เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล

ตาราง 40 ผลการประเมินความสอดคล้องของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ค่าดัชนีความสอดคล้อง						ผลการประเมิน
	1	2	3	4	5	IOC	
1. รูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER มีลักษณะสำคัญสอดคล้องกับแนวคิดทฤษฎีการสร้างความรู้ (Constructivism)	1	1	1	1	1	1	นำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้
2. รูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER มีขั้นตอนหรือกระบวนการเรียนรู้สอดคล้องกับแนวคิดทฤษฎีการสร้างความรู้ (Constructivism)	1	1	1	1	1	1	นำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้
3. รูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER มีลักษณะสำคัญที่สะท้อนถึงการผสมผสานแนวทางการจัดการเรียนรู้ 3 วิธีการ คือ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ การจัดการเรียนรู้แบบบ่งชี้และสะท้อนความคิด และการจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์	1	1	1	1	1	1	นำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้
4. รูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER มีขั้นตอนหรือกระบวนการเรียนรู้ที่สะท้อนถึงการผสมผสานแนวทางการจัดการเรียนรู้ 3 วิธีการ คือ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ การจัดการเรียนรู้แบบบ่งชี้และสะท้อนความคิด และการจัดการเรียนรู้แบบใช้ประวัติทางวิทยาศาสตร์	1	1	1	1	1	1	นำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้
5. รูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER มีลักษณะสำคัญที่สามารถส่งเสริมการมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Conception) ของผู้เรียนได้	1	1	1	1	1	1	นำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้
6. รูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER มีขั้นตอนหรือกระบวนการเรียนรู้ที่สามารถส่งเสริมการมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Conception) ของผู้เรียนได้	1	1	1	1	1	1	นำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้
7. รูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER มีลักษณะสำคัญที่สามารถส่งเสริมการมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Nature of Science) ของผู้เรียนได้	1	1	1	1	1	1	นำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้
8. รูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER มีขั้นตอนหรือกระบวนการเรียนรู้ที่สามารถส่งเสริมการมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Nature of Science) ของผู้เรียนได้	1	1	1	1	1	1	นำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้
9. รูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER มีขั้นตอนที่ชัดเจนและมีความต่อเนื่องกัน	1	1	1	1	1	1	นำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้

ตาราง 40 (ต่อ)

รายการประเมิน	ค่าดัชนีความสอดคล้อง						ผลการประเมิน
	1	2	3	4	5	IOC	
10. ขั้นที่ 1: สร้างความสนใจและตรวจสอบความรู้เดิม (Engage and Elicit) ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER มีจุดมุ่งหมาย บทบาทผู้เรียน และบทบาทครู เหมาะสมต่อการนำไปใช้จัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน	1	1	1	1	1	1	นำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้
11. ขั้นที่ 2: สืบเสาะ (Inquiry) ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER มีจุดมุ่งหมาย บทบาทผู้เรียน และบทบาทครู เหมาะสมต่อการนำไปใช้จัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน	1	1	1	1	-1	0.6	นำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้
12. ขั้นที่ 3: อธิบาย (Explanation) ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER มีจุดมุ่งหมาย บทบาทผู้เรียน และบทบาทครู เหมาะสมต่อการนำไปใช้จัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน	1	1	1	1	1	1	นำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้
13. ขั้นที่ 4: อภิปราย (Discussion) ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER มีจุดมุ่งหมาย บทบาทผู้เรียน และบทบาทครู เหมาะสมต่อการนำไปใช้จัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน	1	1	1	1	1	1	นำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้
14. ขั้นที่ 5: สะท้อนความคิดต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (NOS Reflection) ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER มีจุดมุ่งหมาย บทบาทผู้เรียน และบทบาทครู เหมาะสมต่อการนำไปใช้จัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน	1	1	1	1	0	0.8	นำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้

ตาราง 41 ผลการประเมินความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER โดยผู้เชี่ยวชาญ

หัวข้อการประเมินในแผนการจัดการเรียนรู้	ค่าดัชนีความสอดคล้อง				แปลผล
	1	2	3	IOC	
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 : มารู้จักเซลล์กันเถอะ					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้ของแผนการจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
2. กิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 1 สร้างความสนใจและตรวจสอบความรู้เดิมในแผนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องเหมาะสมกับจุดมุ่งหมายและหลักการขั้นที่ 1 สร้างความสนใจและตรวจสอบความรู้เดิม ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
3. กิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 2 สืบเสาะในแผนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องเหมาะสมกับจุดมุ่งหมายและหลักการขั้นที่ 2 สืบเสาะของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
4. กิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 3 อธิบายในแผนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องเหมาะสมกับจุดมุ่งหมายและหลักการขั้นที่ 3 อธิบาย ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
5. กิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 4 อภิปรายในแผนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องเหมาะสมกับจุดมุ่งหมายและหลักการขั้นที่ 4 อภิปราย ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
6. กิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 5 สะท้อนความคิดต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในแผนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องเหมาะสมกับจุดมุ่งหมายและหลักการขั้นที่ 5 สะท้อนความคิดต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
7. การวัดผลและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
8. แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้มีความถูกต้องและเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
9. ลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้มีความถูกต้องและเหมาะสมกับวัยผู้เรียน	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
10. ระยะเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้

ตาราง 41 (ต่อ)

หัวข้อการประเมินในแผนการจัดการเรียนรู้	ค่าดัชนีความสอดคล้อง				แปลผล
	1	2	3	IOC	
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 : ฉันเป็นโครงสร้างใดในเซลล์					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้ของแผนการจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
2. กิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 1 สร้างความสนใจและตรวจสอบความรู้เดิมในแผนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องเหมาะสมกับจุดมุ่งหมายและหลักการขั้นที่ 1 สร้างความสนใจและตรวจสอบความรู้เดิม ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
3. กิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 2 สืบเสาะในแผนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องเหมาะสมกับจุดมุ่งหมายและหลักการขั้นที่ 2 สืบเสาะของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	1	1	0	0.67	นำไปใช้ได้
4. กิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 3 อธิบายในแผนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องเหมาะสมกับจุดมุ่งหมายและหลักการขั้นที่ 3 อธิบาย ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
5. กิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 4 อภิปรายในแผนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องเหมาะสมกับจุดมุ่งหมายและหลักการขั้นที่ 4 อภิปราย ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
6. กิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 5 สะท้อนความคิดต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในแผนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องเหมาะสมกับจุดมุ่งหมายและหลักการขั้นที่ 5 สะท้อนความคิดต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
7. การวัดผลและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
8. แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้มีความถูกต้องและเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
9. ลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้มีความถูกต้องและเหมาะสมกับวัยผู้เรียน	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
10. ระยะเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้

ตาราง 41 (ต่อ)

หัวข้อการประเมินในแผนการจัดการเรียนรู้	ค่าดัชนีความสอดคล้อง				แปลผล
	1	2	3	IOC	
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 : นิวเคลียสของเซลล์					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้ของแผนการจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
2. กิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 1 สร้างความสนใจและตรวจสอบความรู้เดิมในแผนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องเหมาะสมกับจุดมุ่งหมายและหลักการขั้นที่ 1 สร้างความสนใจและตรวจสอบความรู้เดิม ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
3. กิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 2 สืบเสาะในแผนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องเหมาะสมกับจุดมุ่งหมายและหลักการขั้นที่ 2 สืบเสาะของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
4. กิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 3 อธิบายในแผนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องเหมาะสมกับจุดมุ่งหมายและหลักการขั้นที่ 3 อธิบาย ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
5. กิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 4 อภิปรายในแผนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องเหมาะสมกับจุดมุ่งหมายและหลักการขั้นที่ 4 อภิปราย ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
6. กิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 5 สะท้อนความคิดต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในแผนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องเหมาะสมกับจุดมุ่งหมายและหลักการขั้นที่ 5 สะท้อนความคิดต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
7. การวัดผลและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
8. แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้มีความถูกต้องและเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
9. ลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้มีความถูกต้องและเหมาะสมกับวัยผู้เรียน	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
10. ระยะเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้

ตาราง 41 (ต่อ)

หัวข้อการประเมินในแผนการจัดการเรียนรู้	ค่าดัชนีความสอดคล้อง				แปลผล
	1	2	3	IOC	
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 : เข้าใจแบบจำลอง					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้ของแผนการจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
2. กิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 1 สร้างความสนใจและตรวจสอบความรู้เดิมในแผนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องเหมาะสมกับจุดมุ่งหมายและหลักการขั้นที่ 1 สร้างความสนใจและตรวจสอบความรู้เดิม ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
3. กิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 2 สืบเสาะในแผนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องเหมาะสมกับจุดมุ่งหมายและหลักการขั้นที่ 2 สืบเสาะของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	1	1	0	0.67	นำไปใช้ได้
4. กิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 3 อธิบายในแผนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องเหมาะสมกับจุดมุ่งหมายและหลักการขั้นที่ 3 อธิบาย ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
5. กิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 4 อภิปรายในแผนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องเหมาะสมกับจุดมุ่งหมายและหลักการขั้นที่ 4 อภิปราย ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
6. กิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 5 สะท้อนความคิดต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในแผนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องเหมาะสมกับจุดมุ่งหมายและหลักการขั้นที่ 5 สะท้อนความคิดต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
7. การวัดผลและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
8. แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้มีความถูกต้องและเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
9. ลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้มีความถูกต้องและเหมาะสมกับวัยผู้เรียน	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
10. ระยะเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้

ตาราง 41 (ต่อ)

หัวข้อการประเมินในแผนการจัดการเรียนรู้	ค่าดัชนีความสอดคล้อง				แปลผล
	1	2	3	IOC	
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 : วิวัฒนาการของไมโทคอนเดรียและคลอโรพลาสต์					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้ของแผนการจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
2. กิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 1 สร้างความสนใจและตรวจสอบความรู้เดิมในแผนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องเหมาะสมกับจุดมุ่งหมายและหลักการขั้นที่ 1 สร้างความสนใจและตรวจสอบความรู้เดิม ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
3. กิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 2 สืบเสาะในแผนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องเหมาะสมกับจุดมุ่งหมายและหลักการขั้นที่ 2 สืบเสาะของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	0	1	1	0.67	นำไปใช้ได้
4. กิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 3 อธิบายในแผนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องเหมาะสมกับจุดมุ่งหมายและหลักการขั้นที่ 3 อธิบาย ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
5. กิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 4 อภิปรายในแผนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องเหมาะสมกับจุดมุ่งหมายและหลักการขั้นที่ 4 อภิปราย ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
6. กิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 5 สะท้อนความคิดต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในแผนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องเหมาะสมกับจุดมุ่งหมายและหลักการขั้นที่ 5 สะท้อนความคิดต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
7. การวัดผลและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
8. แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้มีความถูกต้องและเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
9. ลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้มีความถูกต้องและเหมาะสมกับวัยผู้เรียน	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
10. ระยะเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้

ตาราง 41 (ต่อ)

หัวข้อการประเมินในแผนการจัดการเรียนรู้	ค่าดัชนีความสอดคล้อง				แปลผล
	1	2	3	IOC	
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 : การสื่อสารระหว่างเซลล์					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้ของแผนการจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
2. กิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 1 สร้างความสนใจและตรวจสอบความรู้เดิมในแผนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องเหมาะสมกับจุดมุ่งหมายและหลักการขั้นที่ 1 สร้างความสนใจและตรวจสอบความรู้เดิม ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
3. กิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 2 สืบเสาะในแผนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องเหมาะสมกับจุดมุ่งหมายและหลักการขั้นที่ 2 สืบเสาะของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
4. กิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 3 อธิบายในแผนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องเหมาะสมกับจุดมุ่งหมายและหลักการขั้นที่ 3 อธิบาย ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
5. กิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 4 อภิปรายในแผนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องเหมาะสมกับจุดมุ่งหมายและหลักการขั้นที่ 4 อภิปราย ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
6. กิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 5 สะท้อนความคิดต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในแผนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องเหมาะสมกับจุดมุ่งหมายและหลักการขั้นที่ 5 สะท้อนความคิดต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
7. การวัดผลและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
8. แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้มีความถูกต้องและเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
9. ลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้มีความถูกต้องและเหมาะสมกับวัยผู้เรียน	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
10. ระยะเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้

ตาราง 41 (ต่อ)

หัวข้อการประเมินในแผนการจัดการเรียนรู้	ค่าดัชนีความสอดคล้อง				แปลผล
	1	2	3	IOC	
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 : การเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้ของแผนการจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
2. กิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 1 สร้างความสนใจและตรวจสอบความรู้เดิมในแผนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องเหมาะสมกับจุดมุ่งหมายและหลักการขั้นที่ 1 สร้างความสนใจและตรวจสอบความรู้เดิม ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
3. กิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 2 สืบเสาะในแผนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องเหมาะสมกับจุดมุ่งหมายและหลักการขั้นที่ 2 สืบเสาะของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
4. กิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 3 อธิบายในแผนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องเหมาะสมกับจุดมุ่งหมายและหลักการขั้นที่ 3 อธิบาย ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
5. กิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 4 อภิปรายในแผนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องเหมาะสมกับจุดมุ่งหมายและหลักการขั้นที่ 4 อภิปราย ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
6. กิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 5 สะท้อนความคิดต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในแผนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องเหมาะสมกับจุดมุ่งหมายและหลักการขั้นที่ 5 สะท้อนความคิดต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
7. การวัดผลและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
8. แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้มีความถูกต้องและเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
9. ลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้มีความถูกต้องและเหมาะสมกับวัยผู้เรียน	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
10. ระยะเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้

ตาราง 41 (ต่อ)

หัวข้อการประเมินในแผนการจัดการเรียนรู้	ค่าดัชนีความสอดคล้อง				แปลผล
	1	2	3	IOC	
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8 : การชราภาพของเซลล์					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้ของแผนการจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
2. กิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 1 สร้างความสนใจและตรวจสอบความรู้เดิมในแผนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องเหมาะสมกับจุดมุ่งหมายและหลักการขั้นที่ 1 สร้างความสนใจและตรวจสอบความรู้เดิม ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
3. กิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 2 สืบเสาะในแผนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องเหมาะสมกับจุดมุ่งหมายและหลักการขั้นที่ 2 สืบเสาะของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
4. กิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 3 อธิบายในแผนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องเหมาะสมกับจุดมุ่งหมายและหลักการขั้นที่ 3 อธิบาย ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
5. กิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 4 อภิปรายในแผนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องเหมาะสมกับจุดมุ่งหมายและหลักการขั้นที่ 4 อภิปราย ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
6. กิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 5 สะท้อนความคิดต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในแผนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องเหมาะสมกับจุดมุ่งหมายและหลักการขั้นที่ 5 สะท้อนความคิดต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
7. การวัดผลและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
8. แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้มีความถูกต้องและเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
9. ลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้มีความถูกต้องและเหมาะสมกับวัยผู้เรียน	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
10. ระยะเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้

ตาราง 41 (ต่อ)

หัวข้อการประเมินในแผนการจัดการเรียนรู้	ค่าดัชนีความสอดคล้อง				แปลผล
	1	2	3	IOC	
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 10 : การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้ของแผนการจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
2. กิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 1 สร้างความสนใจและตรวจสอบความรู้เดิมในแผนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องเหมาะสมกับจุดมุ่งหมายและหลักการขั้นที่ 1 สร้างความสนใจและตรวจสอบความรู้เดิม ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
3. กิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 2 สืบเสาะในแผนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องเหมาะสมกับจุดมุ่งหมายและหลักการขั้นที่ 2 สืบเสาะของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
4. กิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 3 อธิบายในแผนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องเหมาะสมกับจุดมุ่งหมายและหลักการขั้นที่ 3 อธิบาย ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
5. กิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 4 อภิปรายในแผนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องเหมาะสมกับจุดมุ่งหมายและหลักการขั้นที่ 4 อภิปราย ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
6. กิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 5 สะท้อนความคิดต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในแผนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องเหมาะสมกับจุดมุ่งหมายและหลักการขั้นที่ 5 สะท้อนความคิดต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
7. การวัดผลและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
8. แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้มีความถูกต้องและเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
9. ลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้มีความถูกต้องและเหมาะสมกับวัยผู้เรียน	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
10. ระยะเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้

ตาราง 41 (ต่อ)

หัวข้อการประเมินในแผนการจัดการเรียนรู้	ค่าดัชนีความสอดคล้อง				แปลผล
	1	2	3	IOC	
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 10 : การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้ของแผนการจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
2. กิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 1 สร้างความสนใจและตรวจสอบความรู้เดิมในแผนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องเหมาะสมกับจุดมุ่งหมายและหลักการขั้นที่ 1 สร้างความสนใจและตรวจสอบความรู้เดิม ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
3. กิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 2 สืบเสาะในแผนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องเหมาะสมกับจุดมุ่งหมายและหลักการขั้นที่ 2 สืบเสาะของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
4. กิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 3 อธิบายในแผนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องเหมาะสมกับจุดมุ่งหมายและหลักการขั้นที่ 3 อธิบาย ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
5. กิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 4 อภิปรายในแผนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องเหมาะสมกับจุดมุ่งหมายและหลักการขั้นที่ 4 อภิปราย ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
6. กิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 5 สะท้อนความคิดต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในแผนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องเหมาะสมกับจุดมุ่งหมายและหลักการขั้นที่ 5 สะท้อนความคิดต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ของรูปแบบการเรียนรู้แบบ HI-ER	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
7. การวัดผลและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
8. แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้มีความถูกต้องและเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
9. ลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้มีความถูกต้องและเหมาะสมกับวัยผู้เรียน	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
10. ระยะเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้

ตาราง 42 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ โดยผู้เชี่ยวชาญ

ผลการเรียนรู้	ข้อที่	ค่าดัชนีความสอดคล้อง				แปลผล
		1	2	3	IOC	
1. อธิบายคำจำกัดความของเซลล์	1	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	2	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
2. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ขององค์ประกอบต่างๆ ของเซลล์	3	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	4	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	5	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	6	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	7	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	8	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
3. อธิบายวิธีการสื่อสารระหว่างเซลล์ของเซลล์ที่อยู่ใกล้เคียงและเซลล์ที่อยู่ไกลกัน	9	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	10	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
4. อธิบายความจำเป็นที่เซลล์ต้องมีการเปลี่ยนแปลงสภาพ	11	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
5. อธิบายสาเหตุของการชราภาพของเซลล์และลักษณะของเซลล์ที่เกิดการชราภาพ	12	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	13	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
6. อธิบายความสำคัญและลักษณะของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส	14	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	16	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
7. อธิบายความสำคัญและลักษณะของการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส	15	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	16	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
8. เปรียบเทียบความสำคัญของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและแบบไมโอซิสต่อสิ่งมีชีวิต	16	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้

ตาราง 43 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบสัมภาษณ์แนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์
โดยผู้เชี่ยวชาญ

ผลการเรียนรู้	ข้อที่	ค่าดัชนีความสอดคล้อง				แปลผล
		1	2	3	IOC	
1. อธิบายคำจำกัดความของเซลล์	1	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	2	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
2. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ขององค์ประกอบ ต่าง ๆ ของเซลล์	3	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	4	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	5	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	6	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	7	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	8	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	9	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
3. อธิบายวิธีการสื่อสารระหว่างเซลล์ของเซลล์ที่อยู่ ใกล้กันและเซลล์ที่อยู่ไกลกัน	10	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	11	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
4. อธิบายความจำเป็นที่เซลล์ต้องมีการเปลี่ยนแปลง สภาพ	12	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	13	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
5. อธิบายสาเหตุของการชราภาพของเซลล์และ ลักษณะของเซลล์ที่เกิดการชราภาพ	14	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	15	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
6. อธิบายความสำคัญและลักษณะของการแบ่งเซลล์ แบบไมโทซิส	16	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	17	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	18	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
7. อธิบายความสำคัญและลักษณะของการแบ่งเซลล์ แบบไมโอซิส	19	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	20	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	21	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
8. เปรียบเทียบความสำคัญของการแบ่งเซลล์แบบไม โทซิสและแบบไมโอซิสต่อสิ่งมีชีวิต	22	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้

ตาราง 44 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดย
ผู้เชี่ยวชาญ

ลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	ข้อที่	ค่าดัชนีความสอดคล้อง				แปลผล
		1	2	3	IOC	
1. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้	1	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
2. วิทยาศาสตร์อาศัยทั้งการสังเกตและการลง ความเห็น	10	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	11	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
3. วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน	1	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	10	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
4. กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	5	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	11	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
5. ความเป็นอัตนัยของนักวิทยาศาสตร์มีผลต่อการทำงานทางวิทยาศาสตร์	3	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	6	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
6. ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการมีผลต่อการทำงานทางวิทยาศาสตร์	4	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	6	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
7. วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมทางสังคม	7	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
8. วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม มีผลกระทบ ซึ่งกันและกัน	8	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	9	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้

ภาคผนวก ค
แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ และ
แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์



แบบวัดแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์

ตอนที่ 1: ข้อมูลทั่วไปของนักเรียน

1. ระดับชั้นที่นักเรียนกำลังศึกษาอยู่ ☐ ม. 4/1 ☐ ม. 4/2 ☐ ม. 4/3
2. กรุณาระบุเพศของนักเรียน ☐ เพศชาย ☐ เพศหญิง

ตอนที่ 2: แนวคิดเกี่ยวกับเซลล์และการแบ่งเซลล์

1. “เซลล์ (cell)” หมายถึงอะไร

.....

.....

2. จากภาพดังต่อไปนี้ ภาพใดบ้างคือ “เซลล์ (cell)” อธิบายและให้เหตุผลประกอบ

A

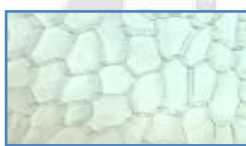


B



ขนาดกำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์เท่ากับ 400x

C

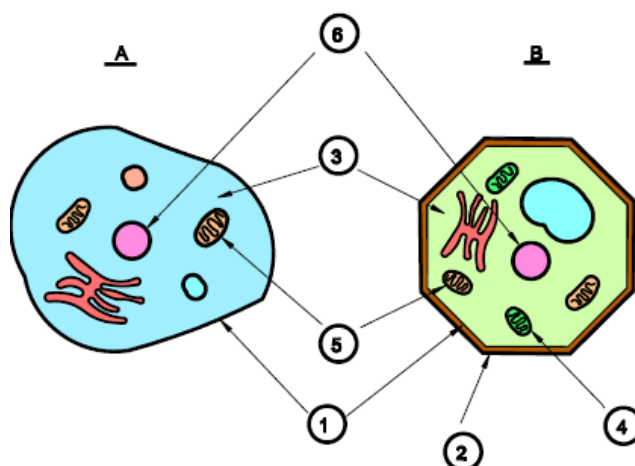


D



ขนาดกำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์เท่ากับ 400x

สังเกตภาพต่อไปนี้และตอบคำถามข้อ 3 – 5



วาดภาพโดย นายบุญทัน เทียงจันทร์ทิพย์

3. A และ B มีโครงสร้างใดบ้างที่แตกต่างกัน ทั้งนี้โครงสร้างดังกล่าวส่งผลอย่างไรต่อ A และ B

.....

.....

4. หาก A และ B ไม่มีโครงสร้างที่ 6 จะส่งผลต่อ A และ B อย่างไร

.....

.....

5. หาก B ไม่มีโครงสร้างที่ 5 จะส่งผลต่อ B อย่างไร

.....

.....

6. “ผนังเซลล์และเยื่อหุ้มเซลล์เป็นส่วนห่อหุ้มเซลล์ ซึ่งต่างก็มีลักษณะเป็นเยื่อเลือกผ่าน คือ ยอมให้สารบางชนิดเท่านั้นที่จะผ่านเข้า - ออกจากเซลล์ได้” นักเรียนเห็นด้วยกับแนวคิดนี้หรือไม่ อย่างไร อธิบายและให้เหตุผลประกอบ

.....

.....

.....

7. พิจารณาออร์แกเนลล์ (organelles) ดังต่อไปนี้ : แวกิวโอล (vacuole) กอลจิ คอมเพล็กซ์ (Golgi complex) ไรโบโซม (ribosome) และไลโซโซม (lysosome) ออร์แกเนลล์ใดแตกต่างจากออร์แกเนลล์อื่นมากที่สุด เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

8. “เอนโดพลาสมิกเรติคูลัมแบบผิวเรียบ (s-ER) และเอนโดพลาสมิกเรติคูลัมแบบผิวขรุขระ (r-ER)” มีบทบาทหน้าที่ต่อเซลล์เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

.....

.....

.....

9. การสื่อสารระหว่างเซลล์พืชที่อยู่ใกล้กันและเซลล์สัตว์ที่อยู่ใกล้กันมีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

.....

.....

10. การสื่อสารระหว่างเซลล์พืชที่อยู่ใกล้กัน และการสื่อสารระหว่างเซลล์เซลล์สัตว์ที่อยู่ใกล้กันมีลักษณะเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

.....

.....

11. “การเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์” คืออะไร เพราะเหตุใดจึงต้องมีการเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์

.....

.....

12. มีสาเหตุหรือปัจจัยใดบ้างที่ทำให้เซลล์เกิดการชราภาพ

.....

.....

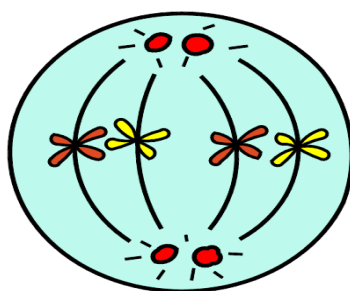
13. สภาวะของเซลล์เม็ดเลือดขาวดังต่อไปนี้ สภาวะใดบ่งชี้การชราภาพของเซลล์ อธิบายและให้เหตุผลประกอบ

- A. เซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดนิวโทรฟิลสามารถสร้างพลังงาน ATP และ แอนติบอดีได้เพิ่มขึ้น
- B. เซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดเบโซฟิลสามารถแบ่งเซลล์เพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์ได้ตามปกติ
- C. เซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดอีโอซิโนฟิลสามารถสร้างเอนไซม์ได้ลดลง

.....

.....

สังเกตภาพนี้ แล้วตอบคำถามข้อ 14



วาดภาพโดย นายบุญทัน เทียงจันทร์ทิพย์

ภาพ : เซลล์เริ่มต้น

14. ถ้าเซลล์เริ่มต้นมีโครโมโซมตามภาพเกิดการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (mitosis) เซลล์ใหม่ที่ได้จะมีจำนวนโครโมโซมเป็นเท่าใด และเซลล์ใหม่จะมีลักษณะทางพันธุกรรมเหมือนกับเซลล์เริ่มต้นนี้หรือไม่ อย่างไร

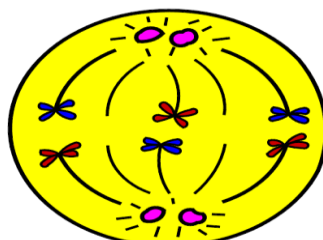
.....

.....

.....

.....

สังเกตภาพนี้ แล้วตอบคำถามข้อ 15



วาดภาพโดย นายบุญทัน เทียงจันทร์ทิพย์

ภาพ : เซลล์เริ่มต้น

15. เซลล์ใหม่ที่ได้จากการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส (meiosis) ของเซลล์เริ่มต้นที่มีจำนวนโครโมโซมดังภาพจะมีจำนวนโครโมโซมเท่าใด และเซลล์ใหม่จะมีลักษณะทางพันธุกรรมเหมือนหรือแตกต่างจากเซลล์เริ่มต้นหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

16. การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตแตกต่างกันอย่างไร

.....

.....

.....

.....

แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ตอนที่ 1: ข้อมูลทั่วไปของนักเรียน

1. ระดับชั้นที่นักเรียนกำลังศึกษาอยู่ ☐ ม. 4/1 ☐ ม. 4/2 ☐ ม. 4/3
 2. กรุณาระบุเพศของนักเรียน ☐ เพศชาย ☐ เพศหญิง

ตอนที่ 2 ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ขอให้นักเรียนอ่านและพิจารณาข้อคำถาม จากนั้นให้เขียนอธิบายคำตอบตามความเข้าใจของนักเรียน

1. “วิทยาศาสตร์คืออะไร” และความรู้ทางวิทยาศาสตร์แตกต่างจากความรู้ในสาขาอื่นๆ เช่น ศิลปะ สังคมศึกษา เป็นต้น หรือไม่ อย่างไร

.....

.....

2. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทั้งข้อเท็จจริง แนวคิด หลักการ สมมติฐาน กฎ และทฤษฎี ซึ่งปรากฏในหนังสือเรียนวิทยาศาสตร์หรือหนังสืออ่านเพิ่มเติม สามารถเปลี่ยนแปลงได้หรือไม่ อย่างไร

.....

.....

3. “นักวิทยาศาสตร์สองคนมีความสนใจทำการศึกษาค้นคว้าในเรื่องเดียวกัน แต่ทำงานภายใต้บริบททางสังคมที่แตกต่างกัน และไม่เคยพบหรือพูดคุยกันมาก่อน” กระบวนการศึกษาค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์ทั้งสองคนจะเหมือนกันหรือไม่ เพราะเหตุใด

.....

.....

4. นักวิทยาศาสตร์ใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์หรือไม่

4.1. หาก “ใช่” ให้อธิบายและยกตัวอย่างประกอบว่า นักวิทยาศาสตร์ใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการขั้นใดบ้าง: การวางแผนและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ การเก็บรวบรวมข้อมูล การตีความหรือลงข้อสรุปจากข้อมูล

4.2. หาก “ไม่ใช่” ให้อธิบายว่าเพราะเหตุใดจึงไม่ใช่ พร้อมทั้งยกตัวอย่างประกอบ

.....

.....

5. “การสืบเสาะหาความรู้ของนักวิทยาศาสตร์ต้องเป็นไปตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีการเรียงลำดับขั้นตอนอย่างชัดเจนเท่านั้น ผลการศึกษาค้นคว้าจึงจะได้รับการยอมรับจากสังคมทางวิทยาศาสตร์” นักเรียนเห็นด้วยกับข้อความนี้หรือไม่ อย่างไร

.....

6. จากสมมติฐานที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการอธิบายการสูญพันธุ์ของไดโนเสาร์ซึ่งได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวาง 2 สมมติฐาน คือ

สมมติฐานแรก “มีอุกกาบาตพุ่งชนโลกเมื่อ 65 ล้านปีก่อน นำไปสู่การเกิดเหตุการณ์ต่างๆ ซึ่งเป็นสาเหตุให้ไดโนเสาร์สูญพันธุ์”

สมมติฐานที่สอง “เกิดภูเขาไฟปะทุครั้งใหญ่และมีความรุนแรงมากจนเป็นสาเหตุให้ไดโนเสาร์สูญพันธุ์”

เพราะเหตุใดสมมติฐานของนักวิทยาศาสตร์ทั้งสองกลุ่มจึงแตกต่างกัน แม้ว่านักวิทยาศาสตร์ทั้งสองกลุ่มจะทำการลงข้อสรุปจากหลักฐานชุดเดียวกัน

7. หากนักวิทยาศาสตร์ทำงานภายใต้ข้อจำกัดหรือการไม่ได้รับการสนับสนุนจากสังคม เช่น ถูกขัดขวางในการทำงานวิจัย ไม่มีหน่วยงานให้ทุนสนับสนุน จะมีผลต่อการสร้างและพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักวิทยาศาสตร์หรือไม่ อย่างไร

8. ความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีมีผลต่อการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการพัฒนาคุณภาพชีวิตของคนในสังคมหรือไม่ อย่างไร

9. “ความต้องการของสังคมมีผลต่อการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ขณะเดียวกันวิทยาศาสตร์ก็มีผลต่อการพัฒนาทางเทคโนโลยีและช่วยให้คุณภาพชีวิตของคนในสังคมดีขึ้น” นักเรียนเห็นด้วยกับข้อความนี้หรือไม่ อย่างไร ยกตัวอย่างประกอบ

10. หนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ มักนิยาม “สปีชีส์ (species) หมายถึง กลุ่มของสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะเหมือนกัน และสามารถผสมพันธุ์กันแล้วให้ลูกที่ไม่เป็นหมัน” นักเรียนคิดว่า นักวิทยาศาสตร์แน่ใจได้อย่างไรว่า ลักษณะสปีชีส์ เป็นเช่นนั้น

11. “การทดลองคืออะไร” และการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยการทดลองเท่านั้นหรือไม่ อย่างไร ยกตัวอย่างประกอบ



แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9 หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เซลล์และการแบ่งเซลล์
สาระ การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ วิชา ว 30241 ชีววิทยา 1 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
ชื่อกิจกรรม การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส เวลา 150 นาที

มาตรฐานการเรียนรู้/ ผลการเรียนรู้ :

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตของตนเองและดูแลสิ่งมีชีวิต

ผลการเรียนรู้ อธิบายความสำคัญและลักษณะของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา ระบุว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่าธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคมและสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

จุดประสงค์การเรียนรู้ :

1. อธิบายและอภิปรายเกี่ยวกับลักษณะสำคัญ ขั้นตอน และความสำคัญของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส
2. สะท้อนความคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 6 ลักษณะ ดังนี้ (1) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ (2) วิทยาศาสตร์อาศัยทั้งการสังเกตและการลงความเห็น (3) วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน (4) กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความหลากหลาย (5) ความเป็นอัตนัยของนักวิทยาศาสตร์มีผลต่อการทำงานทางวิทยาศาสตร์ (6) วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม มีผลกระทบซึ่งกันและกัน
3. ปฏิบัติการสืบเสาะหาความรู้ด้วยวิธีการอันหลากหลาย ได้แก่ การสังเกต ตั้งคำถาม เปรียบเทียบ จัดจำแนก สืบเสาะหาความรู้ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลหลักฐาน สร้างคำอธิบาย เชื่อมโยงคำอธิบายกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และสื่อสารคำอธิบายที่สร้างขึ้น
4. มีเหตุผล มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ มีใจกว้าง และมีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์

แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ :

การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (Mitosis) เป็นการแบ่งเซลล์เพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์ร่างกายของสิ่งมีชีวิตทั่วไป หรือเพื่อการสืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและพืช สิ้นสุดการแบ่งเซลล์จะได้เซลล์ใหม่เป็นจำนวน 2 เท่าของเซลล์เดิม เซลล์ใหม่มีลักษณะทางพันธุกรรมเหมือนกับเซลล์เดิมและมีจำนวนชุดของโครโมโซมเท่ากับเซลล์เดิม

แนวคิดคลาดเคลื่อน (จากการทบทวนเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและการสำรวจแนวคิดกลุ่มนักเรียนที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง)

1. จำนวนเซลล์ใหม่ที่ได้จากการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสเป็น 4 เท่าของเซลล์เดิม

ลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ :

1. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้
2. วิทยาศาสตร์อาศัยทั้งการสังเกตและการลงความเห็น
3. วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน
4. กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความหลากหลาย
5. ความเป็นอัตนัยของนักวิทยาศาสตร์มีผลต่อการทำงานทางวิทยาศาสตร์
6. วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม มีผลกระทบซึ่งกันและกัน

กิจกรรมการเรียนรู้

1. **ขั้นการสร้างความสนใจและการตรวจสอบความรู้เดิม (Engagement and**

Elicitation) : ใช้เวลา 10 นาที

1.1 นักเรียนศึกษาประวัติการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับการแบ่งเซลล์ (cell division) จาก power point จากนั้นร่วมกันตอบคำถาม ดังนี้

- 1) การแบ่งเซลล์คืออะไร (แนวคำตอบ : นักเรียนตอบตามความรู้และประสบการณ์เดิมของนักเรียน เช่น การทำให้เซลล์มีจำนวนเพิ่มขึ้น การแยกเซลล์ ฯลฯ)
- 2) จากการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับการแบ่งเซลล์ของนักวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ท่านที่ได้รับรางวัลโนเบลนักเรียนคิดว่า งานวิจัยของนักวิทยาศาสตร์แต่ละท่านมีประโยชน์ต่อวงการวิทยาศาสตร์อย่างไร (แนวคำตอบ : นักเรียนตอบตามความรู้และประสบการณ์เดิมของนักเรียน เช่น ช่วยสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ใหม่ๆขึ้น ช่วยให้เข้าใจกลไกของการแบ่งเซลล์มากยิ่งขึ้น นำผลการวิจัยเหล่านี้ไปคิดค้นยารักษาโรคที่เกิดจากความผิดปกติของการแบ่งเซลล์อย่างโรคมะเร็ง ฯลฯ)
- 3) เพราะเหตุใดสิ่งมีชีวิตจึงจำเป็นต้องมีการแบ่งเซลล์ (แนวคำตอบ : นักเรียนตอบตามความรู้และประสบการณ์เดิมของนักเรียน เช่น เพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์ของร่างกาย เพื่อทดแทนเซลล์ที่สิ้นอายุขัย เพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์ ฯลฯ)
- 4) การแบ่งเซลล์มีกี่แบบ อะไรบ้าง (แนวคำตอบ : นักเรียนตอบตามความรู้และประสบการณ์เดิมของนักเรียน เช่น ไม่รู้ มี 2 แบบ คือ การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส เป็นต้น)

1.2 นักเรียนได้รับการแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้จากครู (ครูแจกกระดาษที่พิมพ์จุดประสงค์การเรียนรู้ให้กับนักเรียนแต่ละคน ทั้งนี้เพื่อให้นักเรียนทราบเป้าหมายในการเรียนรู้ของนักเรียน และเพื่อเป็นการบ่งชี้ลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนต้องเรียนรู้

1.3 นักเรียนแบ่งกลุ่มออกเป็นกลุ่มละ 10 กลุ่ม กลุ่มละ 4 คน แบบคละความสามารถ แต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสของเซลล์รากหอม เพื่อตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่ว่า “ในแต่ละระยะของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ลักษณะของเยื่อหุ้มนิวเคลียส นิวคลีโอไลต์ และโครโมโซมเป็นอย่างไร” (ก่อนทำกิจกรรมในคาบนี้ นักเรียนแต่ละกลุ่มต้องสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการศึกษาการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสของเซลล์รากหอม และออกแบบวิธีการศึกษาการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสจากเซลล์รากหอมลงในใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ไมโทซิสของเซลล์รากหอม ทั้งนี้ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มต้องส่งวิธีการศึกษาการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสจากเซลล์รากหอมล่วงหน้าก่อน 1 วัน และครูต้องเตรียมการเพาะรากหอมก่อนกิจกรรมนี้ 2-3 วัน)

2. ขั้นการสืบเสาะ (Inquiry) : ใช้เวลา 90 นาที

2.1 นักเรียนชมวีดิทัศน์ เรื่อง Mitosis ซึ่งมีความยาว 5.42 นาที จากนั้นนักเรียนร่วมกันตอบคำถาม ดังนี้(นักเรียนควรได้ข้อสรุปดังแนวคำตอบ)

1) จากวีดิทัศน์นี้ การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสมีกี่ระยะ อะไรบ้าง (แนวคำตอบ : วีดิทัศน์นี้การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสมี 5 ระยะ ได้แก่ โพรเฟส (prophase) โปรเมทาเฟส (prometaphase) เมทาเฟส (metaphase) แอนาเฟส (anaphase) เทโลเฟส (telophase))

2) จากวีดิทัศน์นี้ การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสแบ่งออกเป็นระยะต่างๆ โดยใช้การพิจารณาองค์ประกอบของนิวเคลียสใดบ้าง (แนวคำตอบ : การมีและไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส การปรากฏตัวและสลายตัวของนิวคลีโอไลต์ รูปร่างลักษณะของโครโมโซม การปรากฏและไม่ปรากฏของไมโทติคสปินเดิล)

3) จากวีดิทัศน์นี้ เซลล์ต้องมีการเตรียมความพร้อมก่อนที่เซลล์จะเข้าสู่การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ระยะของการเตรียมความพร้อมของเซลล์มีชื่อว่าอะไร ประกอบด้วยระยะย่อยอะไรบ้าง (แนวคำตอบ : ระยะที่เซลล์มีการเตรียมความพร้อมก่อนเข้าสู่การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสคือ อินเตอร์เฟส (interphase) ซึ่งประกอบด้วยระยะย่อย 3 ระยะ ดังนี้ G₁, S, G₂)

4) สิ้นสุดการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส เกิดอะไรขึ้นกับเซลล์อีกหรือไม่ อย่างไร (แนวคำตอบ : สิ้นสุดการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส เซลล์จะเกิดการแบ่งไซโทพลาสซึม (cytokinesis) เพื่อแยกออร์แกเนลล์และส่วนต่างๆ ของเซลล์ออกเป็น 2 ส่วนตามการแบ่งของนิวเคลียส)

2.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสจากเซลล์รากหอม นักเรียนตามวิธีการซึ่งแต่ละกลุ่มออกแบบไว้ในข้อ 1 ของใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ไมโทซิสของเซลล์รากหอม (กิจกรรมนี้เป็นการให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติการสำรวจตรวจสอบและสังเกตลักษณะโครโมโซมในระยะต่างๆ ของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ตามแนวทางหรือกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการศึกษาเรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส)

2.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มถ่ายภาพการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสเซลล์รากหอมในแต่ละระยะซึ่งสามารถมองเห็นได้จากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง จากนั้นนำภาพดังกล่าวมาลงไว้ในคอมพิวเตอร์เพื่อเตรียมนำเสนอผ่านทางโปรเจกเตอร์

3. ขั้นการอธิบาย (Explanation) : ใช้เวลา 20 นาที

3.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสร้างคำอธิบายหรือตอบคำถามข้อ 2 - 3 ในใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ไมโทซิสของเซลล์รากหอม

4. ขั้นการอภิปราย (Discussion) : ใช้เวลา 15 นาที

4.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการศึกษากการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสเซลล์รากหอมในใบกิจกรรมที่ 1 พร้อมทั้งนำเสนอภาพการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสในเซลล์รากหอมระยะต่างๆ ของกลุ่มตนเอง จากนั้นนักเรียนและครูร่วมกันสรุปลักษณะของเยื่อหุ้มนิวเคลียส นิวคลีโอลัส และโครโมโซม ในแต่ละระยะของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส

4.2 นักเรียนและครูร่วมกันอภิปราย แสดงความคิดเห็นต่อประเด็นคำถาม ดังนี้

1) การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสมีลักษณะสำคัญอย่างไร (แนวคำตอบ: เป็นการแบ่งเซลล์เพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์หรือการเจริญเติบโตในร่างกายสิ่งมีชีวิตทั่วไป หรืออาจเป็นการแบ่งเซลล์เพื่อการสืบพันธุ์ในสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวหรือเซลล์พืช โดยที่เมื่อเสร็จสิ้นการแบ่งเซลล์แล้ว เซลล์ใหม่ที่ได้มีคุณสมบัติเหมือนเซลล์เดิมทุกประการรวมทั้งมีจำนวนชุดของโครโมโซมเท่ากับเซลล์เดิม)

2) การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสมีความสำคัญอย่างไรต่อสิ่งมีชีวิต ลักษณะและจำนวนชุดของโครโมโซมของเซลล์ใหม่ที่เกิดจากการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสเหมือนหรือแตกต่างจากเซลล์เริ่มต้นในการแบ่งหรือไม่ อย่างไร (แนวคำตอบ: เพื่อให้ร่างกายสิ่งมีชีวิตทั่วไปมีการเจริญเติบโตหรือเพื่อเป็นการสืบพันธุ์ในสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวหรือเซลล์พืช ลักษณะและจำนวนชุดของโครโมโซมของเซลล์ใหม่ที่เกิดจากการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสเหมือนกับเซลล์เริ่มต้นในการแบ่ง)

5. ขั้นการสะท้อนความคิดต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (NOS Reflection): ใช้เวลา 15 นาที + เวลานอกคาบเรียนในการเขียนอนุทิน

5.1 นักเรียนสะท้อนความคิดเกี่ยวกับลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่เรียนรู้ ผ่านการตอบคำถาม ดังนี้

1) วิธีการศึกษากการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสของนักเรียนแต่ละกลุ่มเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร (แนวคำตอบ : มีทั้งเหมือนกันและแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับวิธีการสืบค้นข้อมูลของนักเรียนมาจากแหล่งเดียวกันหรือต่างกัน นอกจากนี้การประยุกต์ใช้ข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นร่วมกับความสามารถในการคิด ความสนใจ และความถนัดของนักเรียนมาออกแบบวิธีการศึกษาค้นคว้า เช่นเดียวกันกับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์เรื่องเดียวกัน แต่ความรู้เดิม ประสบการณ์ ความสนใจ ความเชี่ยวชาญของนักวิทยาศาสตร์ซึ่งแตกต่างกันย่อมทำให้ออกแบบวิธีการศึกษาค้นคว้าที่แตกต่างกันออกไป; สะท้อนความคิดต่อ NOS; ความเป็นอัตนัยของนักวิทยาศาสตร์มีผลต่อการทำงานทางวิทยาศาสตร์)

2) วิธีการศึกษาค้นคว้าและผลการศึกษาค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์มีความเกี่ยวข้องกับความรู้ ประสบการณ์เดิม ค่านิยม และความเชี่ยวชาญของนักวิทยาศาสตร์แต่ละท่านหรือไม่ อย่างไร (แนวคำตอบ : เกี่ยวข้อง เพราะแม้ว่านักวิทยาศาสตร์จะศึกษาในเรื่องของการแบ่งเซลล์แต่ก็เลือกศึกษาในสิ่งมีชีวิตและเลือกวิธีการศึกษาค้นคว้าที่แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับความสนใจ ความเชี่ยวชาญ ความรู้และประสบการณ์ของนักวิทยาศาสตร์แต่ละท่าน หรืออาจจะใช้วิธีการศึกษาค้นคว้าและตัวอย่างสิ่งมีชีวิตเหมือนกันแต่ผลการศึกษาค้นคว้าอาจแตกต่างกันเพราะมีการตีความจากหลักฐานที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าแตกต่างกัน; สะท้อนความคิดต่อ NOS; ความ เป็นอัตนัยของนักวิทยาศาสตร์มีผลต่อการทำงานทางวิทยาศาสตร์)

3) แต่เดิมนักวิทยาศาสตร์ไม่สามารถสังเกตเห็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงของเซลล์ระยะอินเตอร์เฟสได้จากการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ทั้งแบบใช้แสงและแบบอิเล็กตรอน จึงอธิบายว่า “ระยะอินเตอร์เฟสเป็นระยะที่เซลล์ยังไม่มีกระบวนการใดๆ เกิดขึ้น” ต่อมาเมื่อนักวิทยาศาสตร์ใช้วิธีการทางชีวเคมีเข้ามาช่วยในการศึกษาก็พบว่า ระยะอินเตอร์เฟสมีกระบวนการเมแทบอลิซึมต่างๆ เกิดขึ้นหลายกระบวนการ เช่น การสังเคราะห์โปรตีนหรือเอนไซม์ การจำลอง DNA เป็นต้น นักเรียนคิดว่ามีปัจจัยใดบ้างที่ส่งผลให้ความรู้เกี่ยวกับการแบ่งเซลล์ในระยะอินเตอร์เฟสแตกต่างไปจากเดิม (แนวคำตอบ : การใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ที่แตกต่างไปจากเดิม ทำให้ นักวิทยาศาสตร์ได้หลักฐานใหม่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้นักวิทยาศาสตร์สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์แตกต่างไปจากเดิมหรือสร้างความรู้ได้มากยิ่งขึ้น; สะท้อนความคิดต่อ NOS; ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้; วิทยาศาสตร์อาศัยทั้งการสังเกตและการลงความเห็น; วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน; กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความหลากหลาย

4) จากประวัติการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับการแบ่งเซลล์ นักเรียนคิดว่าการสร้างความรู้วิทยาศาสตร์ความสัมพันธ์กับเทคโนโลยี และบริบทสังคม อย่างไร (แนวคำตอบ : เทคโนโลยีที่มีความเหมาะสม ทันสมัยสามารถขยายขอบเขตความสามารถในการสังเกต การสำรวจ และการทดลองต่างๆ ของมนุษย์ได้มากยิ่งขึ้น ทำให้นักวิทยาศาสตร์สามารถสร้างความรู้หรือคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้มากยิ่งขึ้น ขณะเดียวกันบริบททางสังคมที่สนับสนุนและส่งเสริมให้นักวิทยาศาสตร์ทำการศึกษาค้นคว้าย่อมทำให้การทำงานของนักวิทยาศาสตร์สะดวก รวดเร็วขึ้นแตกต่างจากบริบททางสังคมที่ขัดขวางหรือต่อต้านย่อมทำให้การทำงานของนักวิทยาศาสตร์เป็นไปอย่างยากลำบาก รวมทั้งอาจขาดแคลนทั้งทุนและทรัพยากร; สะท้อนความคิดต่อ NOS; วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม มีผลกระทบซึ่งกันและกัน)

5.2 นักเรียนเขียนอนุทินสะท้อนความคิดของตนเองต่อลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสที่นักเรียนได้เรียนรู้ สิ่ง ที่นักเรียนอยากเรียนรู้เพิ่มเติม และความรู้สึกต่อบรรยากาศการเรียนรู้

การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	ตัวบ่งชี้ / พฤติกรรม	เครื่องมือ/วิธีการ	เกณฑ์การประเมิน
1. อธิบายและอภิปรายเกี่ยวกับลักษณะสำคัญขั้นตอน และความสำคัญของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส	- ตอบคำถาม - เลือกตอบคำถาม - เขียนอธิบาย	- การสังเกต - แบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับเซลล์และการแบ่งเซลล์ - อนุทินของนักเรียน	- ร่วมตอบคำถาม/ อภิปรายอย่างน้อย 2 คำถาม - ตอบคำถามในแบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับเซลล์และการแบ่งเซลล์ - เขียนอธิบายในอนุทิน
2. สะท้อนความคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ทั้ง 6 ลักษณะ	- ตอบคำถาม - ตอบคำถาม - ตอบคำถาม - เขียนอธิบาย	- การสังเกต - แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ - การสัมภาษณ์ - อนุทินของนักเรียน	- ร่วมตอบคำถาม/ อภิปรายอย่างน้อย 2 คำถาม - ตอบคำถามในแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ - ตอบคำถามในการสัมภาษณ์ - เขียนอธิบายในอนุทิน
3. ปฏิบัติการสืบเสาะหาความรู้ด้วยวิธีการอันหลากหลายทั้งการสังเกต ตั้งคำถาม เปรียบเทียบ จัดจำแนก สืบเสาะหาความรู้ทั้ง 9 ตัวบ่งชี้	- สังเกต - ตั้งคำถาม - เปรียบเทียบ - จัดจำแนก - สืบเสาะหาความรู้ทั้ง 9 ตัวบ่งชี้	- การสังเกต	- แสดงพฤติกรรมสะท้อนถึงการมีความสามารถในการสืบเสาะหาความรู้ทั้ง 9 ตัวบ่งชี้
4. มีเหตุผล มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ มีใจกว้าง และมีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์	- ความมีเหตุผล - ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ - ความมีใจกว้าง - การมีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์	- การสังเกต	- แสดงพฤติกรรมสะท้อนถึงการมีจิตวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 ตัวบ่งชี้

สื่อการเรียนรู้/อุปกรณ์/ใบความรู้

1. หนังสืออ่านประกอบ
2. ใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส
3. วีดิทัศน์ เรื่อง Mitosis จาก <https://www.youtube.com/watch?v=ofjyw7ARP1c>
4. วัสดุอุปกรณ์ในการศึกษาเรียนรู้ของนักเรียนแต่ละกลุ่ม ได้แก่ รากหอมแดงหรือรากหอมใหญ่ กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง สารเคมีในการย้อมโครโมโซมของเซลล์ (acetocarmine) กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 1% สไลด์และกระจกปิดสไลด์ เข็มเขี่ย ตะเกียงแอลกอฮอล์ ไข่มุดโกน กระดาษทิชชู และปากคีบ
5. Power Point นำเสนอประวัติการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับการแบ่งเซลล์
6. Power Point สำหรับนำเสนอข้อคำถามและคำชี้แจงนักเรียนเข้าสู่กิจกรรมต่างๆ



บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

1. ผลการจัดการเรียนรู้

1.1 แนวคิดทางวิทยาศาสตร์

.....

.....

1.2 ลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

.....

.....

1.3 ทักษะการคิดร่วมกับการลงมือปฏิบัติการสืบเสาะหาความรู้ด้วยกระบวนการอื่น
หลากหลายทั้งการสังเกต ตั้งคำถาม เปรียบเทียบ จัดจำแนก ทดลอง สำรวจตรวจสอบ เก็บรวบรวม
ข้อมูลหลักฐาน สร้างคำอธิบาย เชื่อมโยงคำอธิบายกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และสื่อสาร
คำอธิบายที่สร้างขึ้น

.....

1.4 จิตวิทยาศาสตร์

.....

2. ผลการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้

2.1 ขั้นสร้างความสนใจและตรวจสอบความรู้เดิม (Engage and Elicit)

.....

2.2 ขั้นสืบเสาะ (Inquiry)

.....

2.3 ขั้นอธิบาย (Explanation)

.....

2.4 ขั้นอภิปราย (Discussion)

.....

2.5 ขั้นสะท้อนความคิด (Reflection)

.....

3. ปัญหาหรืออุปสรรคที่พบระหว่างการจัดการเรียนรู้

.....

4. แนวทางแก้ไขปัญหา/ข้อคิดเห็นเพิ่มเติม

.....

ลงชื่อ.....ครูผู้จัดการเรียนรู้

(.....)

วันที่...../...../.....

2. อธิบายลักษณะของเยื่อหุ้มนิวเคลียส นิวคลีโอลัส และโครโมโซมในแต่ละระยะของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส

prophase	metaphase	anaphase	telophase

3. การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสมีความสำคัญอย่างไรต่อสิ่งมีชีวิต

.....

.....

.....

.....



ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	นางขวัญฤทัย เทียงจันทราทิพย์
วันเดือนปีเกิด	11 กุมภาพันธ์ 2521
สถานที่เกิด	จังหวัดพะเยา
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 16 หมู่ 1 ตำบลภูซาง อำเภอภูซาง จังหวัดพะเยา
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	ครู วิทยฐานะ ชำนาญการ
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ พะเยา ในพระราชูปถัมภ์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรม ราชกุมารี ตำบลห้วยแก้ว อำเภอภูกามยาว จังหวัดพะเยา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 36
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2544	วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาชีววิทยาประยุกต์ (เกียรตินิยม อันดับ 2) จาก สถาบันราชภัฏเชียงใหม่
พ.ศ. 2545	ประกาศนียบัตรบัณฑิตวิชาชีพครู สาขาการศึกษา จาก สถาบันราชภัฏเชียงใหม่
พ.ศ. 2553	ศึกษาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา จาก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
พ.ศ. 2559	การศึกษาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ