



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา)

ปริญญญา

วิทยาศาสตร์ศึกษา

การศึกษา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การพัฒนาแนวคิด เรื่อง ยีนและโครโมโซม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิค อุปมาอุปไมย

The Development of 12th Graders Gene and Chromosome Concept

by Using Constructivist Approach in Combining with Analogy Technique

นามผู้วิจัย นางสาวพอรินทร์ พุกพูนธนพัฒน์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์ธีระวรรณ เกษสิงห์ ป.ร.ด.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์สุรินทร์ ปิยะโชคณากุล, Dr.Agr.)

หัวหน้าภาควิชา

(อาจารย์สิทธิกร สุมาลี, ศษ.ด.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญจนา อีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

สิงสิงวี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาแนวคิด เรื่อง ยีนและโครโมโซม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
โดยการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง
ร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย

The Development of 12th Graders Gene and Chromosome Concept
By Using Constructivist Approach in Combining with Analogy Technique

โดย

นางสาวพอรินทร์ พุกพูนธนพัฒน์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา)
พ.ศ. 2555

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พอรินทร์ พุกพูนธนพัฒน์ 2555: การพัฒนาแนวคิดเรื่อง ยีนและโครโมโซมของนักเรียนมัธยมศึกษา
ปีที่ 6 โดยการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย
ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา) สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักอาจารย์จรัสวรรณ เกษสิงห์ร.ด. 224 หน้า

งานวิจัยเชิงปฏิบัติการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาแนวคิดเรื่องยีนและโครโมโซมของนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิค
อุปมาอุปไมยและ 2) ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้อีกส่วนที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง
ยีนและโครโมโซมกลุ่มที่ศึกษาคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 40 คน ที่เรียนรายวิชาชีววิทยา
เพิ่มเติม ปีการศึกษา 2554 ในการตอบวัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 1 ฉันเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบวัด
แนวคิด จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลโดยนำคำตอบของนักเรียนมาจัดจำแนกเป็น 5 กลุ่ม แนวคิดวิทยาศาสตร์
แนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ แนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน
แนวคิดคลาดเคลื่อน และไม่มีแนวคิดในการตอบวัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 2 ฉันเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้
บันทึกหลังสอนของครู วิธีทัศน์การสอน และอนุทินของนักเรียน จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์แบบ
อุปนัย

ผลการวิจัย พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิค
อุปมาอุปไมยสามารถช่วยให้นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ โดยหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวนี้
ส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ในเรื่องยีนและโครโมโซม อย่างไรก็ตาม ในแนวคิดเรื่องสมบัติของสารพันธุกรรม
พบว่านักเรียนจำนวนมากยังคงมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน นอกจากนี้
ผลการวิจัยยังชี้ว่าแนวทางที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ คือ) ครูควรใช้คำถามที่ครอบคลุม
ความรู้เดิมและความรู้พื้นฐาน 2) ครูควรใช้สื่อการสอนที่สามารถกระตุ้นความสนใจนักเรียน 3) ครูอาจให้
นักเรียนวาดภาพเพื่อช่วยในการสร้างความรู้ของนักเรียน 4) ครูควรใช้กิจกรรมการเรียนรู้ที่สามารถให้
หลักฐานแก่นักเรียนในการสร้างความรู้ใหม่ 5) ครูควรจัดสื่อการสอนให้นักเรียนแต่ละกลุ่มและควรมีเทคนิค
การกระตุ้นการอภิปรายในกลุ่ม 6) ครูควรอภิปรายกับนักเรียนเกี่ยวกับอนาล็อกและเป้าหมายจนรู้ความแท้
ของอนาล็อกและเป้าหมาย 7) ครูควรใช้การให้แรงเสริมทางบวกเพื่อกระตุ้นการอภิปรายของนักเรียน 8) ครู
ควรใช้กิจกรรมที่เน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติอย่างหลากหลาย 9) ครูควรเน้นย้ำให้นักเรียนทราบจุดประสงค์
ของกิจกรรมการเรียนรู้ 10) ครูควรอภิปรายวิธีทำกิจกรรมร่วมกับนักเรียนก่อนทำกิจกรรม 11) ครูควร
อภิปรายคำถามที่นักเรียนมักถามร่วมกันทั้งห้องเรียน 12) ครูควรเลือกกลุ่มที่มีผลของกิจกรรมที่เป็นตัวแทน
ของห้องในการนำเสนอ 13) ครูควรถามคำถามเรียงลำดับจากง่ายไปยาก 14) ครูควรให้นักเรียนเปรียบเทียบ
ความรู้เดิมกับผลที่ได้จากกิจกรรมเพื่อสร้างความรู้ใหม่ 15) ครูควรมีเทคนิคที่ช่วยนักเรียนในการสรุปเรื่องที่
เรียน 16) ครูควรเลือกใช้สื่อและอุปกรณ์การสอนให้เหมาะสมกับเวลาและกิจกรรม 17) ครูควรใช้ อนาล็อกที่
นักเรียนรู้จักคุ้นเคย 18) ครูควรให้นักเรียนอภิปรายเปรียบเทียบความเหมือนและความต่างระหว่าง อนาล็อก
และเป้าหมาย 19) ครูควรจัดกิจกรรมที่นักเรียนได้สัมผัสสัมพันธ์กับอนาล็อก และ 20) การใช้เทคนิค
อุปมาอุปไมยอาจไม่เหมาะกับการสอนแนวคิดที่ซับซ้อน

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Porin Pukpoonthanapat 2012: The Development of 12th Graders' Gene and Chromosome Concept by Using Constructivist Approach in Combining with Analogy Technique. Master of Education (Science Education), Major Field: Science Education, Department of Education. Thesis Advisor: Miss Jeerawan Ketsing, Ph.D. 224 pages

This action research aimed to 1) study grade 12th students' conception of gene and chromosome after learning the concepts through constructivist approach in combining with analogy technique and 2) study the ways to implement the instruction in order to enhance students' scientific conceptions of gene and chromosome. The participants were 40 grade 12th students who studied the advanced biology subject in academic year 2011. To address the first aim, I collected data by utilizing conceptual test. For the analysis, students' responses were categorized into 5 categories including, scientific conception, partial conception, partial misconception, complete misconception, and no response. To address the second aim, I collected data by using teacher's journal after teaching, videotapes of instructions, and students' journals. The data were analyzed by using inductive analysis.

The results demonstrated that the constructivist approach in combining with analogy technique was able to enhance students' scientific conceptions. After learning the concepts through this approach, the majority of the students had scientific conceptions of gene and chromosome. However, in the concept of *characteristics* of genetic materials, many students still had partial conception & complete misconception. Furthermore, the results indicated that the ways to enhance students' scientific conceptions including: 1) teacher should ask questions that cover students' prior knowledge and basic knowledge; 2) teacher should use instructional media that is able to motivate students' interest; 3) teacher may use students' drawing to elicit students' prior knowledge; 4) teacher should use learning activity that is able to provide evidences for students to construct new knowledge; 5) teacher should provide instructional media for each group and has technique to encourage group discussion; 6) teacher should discuss with students about analog and target until they know similarities of the twos. 7) teacher should use positive reinforcement to encourage students' discussion; 8) teacher should use various hands-on activities; 9) teacher should emphasize students about objectives of learning activity; 10) teacher should discuss with students about how to do learning activity before allowing them to do so; 11) teacher should discuss questions that students often ask in whole classroom; 12) teacher should select groups that have representative results of the class to present their results; 13) teacher should ask questions from easy to difficult; 14) teacher should has students compare their prior knowledge with the result of learning activity in order to construct new knowledge; 15) teacher should has technique to help students make conclusion of their learning; 16) teacher should use instructional media and material that fit with her time and activity; 17) teacher should use analog that students know; 18) teacher should have students discuss about similarities and differences between analog and target; 19) teacher should provide activity that allow students to interact with analog; and 20) analogy technique may not suitable for teaching complex concepts.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ดร.วรรณ เกษสิงห์ และกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รองศาสตราจารย์ดร.ปิยะ โชคณากุล ที่ได้ทุ่มเทเวลาในการให้คำแนะนำแนวทางในการศึกษาให้คำปรึกษาเมื่อพบปัญหา ช่วยเหลือและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้ให้เสร็จสมบูรณ์ รวมทั้งให้กำลังใจในการทำงานแก่ผู้วิจัยตลอดมา

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. .พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ และอาจารย์วงเดือน ธิญะระกอบที่ให้คำแนะนำ ตรวจสอบแก้ไข ให้ข้อเสนอแนะต่างๆ เกี่ยวกับการทำการวิจัย และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ขอขอบคุณผู้บริหารสถานศึกษาโรงเรียนที่กรุณาให้ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยในโรงเรียน
ขอขอบคุณอาจารย์วันชาติ ชันฉวรรณและเพื่อนครูในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รวมทั้ง
นักเรียนทุกคนที่เข้าใจ และให้ความร่วมมือในการวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท .) ที่กรุณา
มอบทุนสนับสนุนการศึกษาในระดับปริญญาโท และมอบทุนสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

สุดท้ายนี้กราบขอบพระคุณอาจารย์สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษาทุกท่านที่ทำให้ข้าพเจ้าได้พัฒนาตนเอง และเพื่อน ๆ ในสาขาวิทยาศาสตร์ศึกษาทุกคนที่ช่วยเหลือ ครอบครัวของข้าพเจ้าที่ให้กำลังใจและให้การสนับสนุนตลอดระยะเวลาในการศึกษา คุณค่า และประโยชน์อันเกิดจากงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้กับบิดา มารดา บุรพาคณาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่าน

พอรินทร์ พุกพูนธนพัฒน์
เมษายน 2555

สารบัญ

หน้า

สารบัญตาราง	(3)
สารบัญภาพ	(6)
บทที่ 1 บทนำ	1
ความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์การวิจัย	6
คำถามวิจัย	6
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	6
ขอบเขตการวิจัย	7
นิยามศัพท์เฉพาะ	8
บทที่ 2 ตรวจเอกสาร	10
ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง	11
เทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย	27
แนวคิด	29
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	49
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	52
บริบทของโรงเรียน	52
กลุ่มที่ศึกษา	53
สภาพห้องเรียน	54
รูปแบบการวิจัย	56
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	61
การเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล	71
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล	76
ผลการวิจัยของคำถามวิจัยข้อที่ 1 แนวคิดเรื่องยีนและโครโมโซมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย	76
การอภิปรายผลการวิจัยของคำถามวิจัยข้อที่ 1	110

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ผลการวิจัยของคำถามวิจัยข้อที่ 2 การจัดการเรียนรู้ ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิค อุปมาอุปไมยควรมีแนวทางการจัดอย่างไรที่ช่วยให้นักเรียน มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง ยีนและโครโมโซม	112
การอภิปรายผลการวิจัยของคำถามวิจัยข้อที่ 2	167
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	172
สรุปวิธีการดำเนินการวิจัย	172
สรุปผลการวิจัย	176
ข้อเสนอแนะ	179
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	181
ภาคผนวก	193
ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญ	194
ภาคผนวก ข ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้	196
ภาคผนวก ค ตัวอย่างแบบวัดแนวคิด	212
ภาคผนวก ง ตัวอย่างกรอบแนวคิดใน	
การบันทึกหลังสอนของครู	216
ภาคผนวก จ ตัวอย่างกรอบแนวคิดใน	
การเขียนอนุทินของนักเรียน	222
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	224

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า	
2.1	สาระที่ 1, 8 และมาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น ม.4-ม.6	45
2.2	เนื้อหาและแนวคิดในเรื่อง ยีนและโครโมโซม	47
3.1	แผนการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย และจำนวนคาบเรียน	60
3.2	กิจกรรมการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย	63
3.3	แบบวัดแนวคิดเรื่อง ยีนและโครโมโซม และระยะเวลาที่ใช้ในการทำแบบวัดแนวคิดแต่ละฉบับ	69
3.4	แผนการจัดการเรียนรู้ ชื่อแนวคิด และการใช้แบบวัดแนวคิดเรื่อง ยีนและโครโมโซม	72
3.5	เกณฑ์ในการจำแนกกลุ่มแนวคิด โดยใช้กรอบแนวคิดของอาทิตยา จิตรเอื้อเพื่อ (2553) ที่ปรับปรุงมาจาก Haidar (1997)	73
4.1	จำนวนและร้อยละของนักเรียนจำแนกตามกลุ่มแนวคิดเรื่อง ยีนและโครโมโซม	78
4.2	ผลการวิจัยจากการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องความสัมพันธ์ระหว่างยีนและโครโมโซมตามกรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย	113

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.3	ผลการวิจัยจากการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง รูปร่างและลักษณะของโครโมโซมตามกรอบแนวคิดของ การจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วย ตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย 118
4.4	ผลการวิจัยจากการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ส่วนประกอบและการจัดเรียงตัวของโครโมโซมตาม กรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎี การสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมา อุปไมย 124
4.5	ผลการวิจัยจากการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง โครงสร้างและองค์ประกอบของดีเอ็นเอตาม กรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎี การสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมา อุปไมย 129
4.6	ผลการวิจัยจากการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอตามกรอบแนวคิดของ การจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วย ตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย 133
4.7	ผลการวิจัยจากการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง การถอดรหัสตามกรอบแนวคิดของการจัด การเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วย ตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย 138

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.8	ผลการวิจัยจากการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง โคดอนและการแปรรหัสตามกรอบแนวคิด ของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย
	143

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า	
2.1	เขตการเชื่อมโยงสู่การพัฒนา (Zone of Proximal Development)	13
2.2	การแสดงความคิดของอนุาล์อคกับแนวคิดเป้าหมาย	27
2.3	การแสดงความคิดอุปมาอุปไมยของวงจรน้ำและไฟฟ้า	27
2.4	ตัวอย่างการวาดภาพแสดงแนวคิดเรื่อง Watershed	42
2.5	ตัวอย่างแผนผังความคิดเรื่อง ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม	43
3.1	แผนผังห้องปฏิบัติการชีววิทยา โรงเรียนช่อมาลี	55
3.2	ภาพถ่ายห้องปฏิบัติการชีววิทยา โรงเรียนช่อมาลี	55
3.3	วิธีดำเนินการวิจัย	60
4.1	ตัวอย่างคำตอบนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างยีนและโครโมโซม	79
4.2	ตัวอย่างคำตอบนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ ไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างยีนและโครโมโซม	80
4.3	ตัวอย่างคำตอบนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) เรื่อง รูปร่างและลักษณะของโครโมโซม	81

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.4	ตัวอย่างคำตอบนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) เรื่อง รูปร่างและลักษณะของโครโมโซม 83
4.5	ตัวอย่างคำตอบนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) ที่เข้าใจว่าโครโมโซมในกลุ่มเทโลเซนทริก ไม่มีเซนโทรเมียร์ 84
4.6	ตัวอย่างคำตอบนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) ที่วาดภาพซัเมตาเซนทริกเหมือนกัน หรือสลับกับอโครเซนทริก 85
4.7	ตัวอย่างคำตอบนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) เรื่อง ส่วนประกอบของโครโมโซม 86
4.8	ตัวอย่างคำตอบนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) เรื่อง ส่วนประกอบของโครโมโซม 87
4.9	ตัวอย่างคำตอบนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) เรื่อง ส่วนประกอบของโครโมโซม 89
4.10	ตัวอย่างคำตอบนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) เรื่อง ส่วนประกอบของโครโมโซม 91
4.11	ตัวอย่างคำตอบนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) เรื่อง โครงสร้างดีเอ็นเอ 92

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.12	ตัวอย่างคำตอบนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) เรื่อง โครงสร้างดีเอ็นเอ 93
4.13	ตัวอย่างคำตอบนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) เรื่อง โครงสร้างดีเอ็นเอ 94
4.14	ตัวอย่างคำตอบนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) เรื่อง องค์ประกอบของดีเอ็นเอ 95
4.15	ตัวอย่างคำตอบนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่ สมบูรณ์ (PC) เรื่อง องค์ประกอบของดีเอ็นเอ 96
4.16	ตัวอย่างคำตอบนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) เรื่อง องค์ประกอบ ของดีเอ็นเอ 98
4.17	ตัวอย่างคำตอบนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ 99
4.18	ตัวอย่างคำตอบนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่ สมบูรณ์ (PC) เรื่อง จำลองดีเอ็นเอ 100
4.19	ตัวอย่างคำตอบนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ 101
4.20	ตัวอย่างคำตอบนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่ สมบูรณ์ (PC) เรื่อง การถอดรหัส 103

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.21	ตัวอย่างคำตอบนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) เรื่อง การถอดรหัส 104
4.22	ตัวอย่างคำตอบนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) เรื่อง โคดอน 105
4.23	ตัวอย่างคำตอบนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่ สมบูรณ์ (PC) เรื่อง โคดอน 106
4.24	ตัวอย่างคำตอบนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) เรื่อง โคดอน 106
4.25	ตัวอย่างคำตอบนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) เรื่อง โคดอน 107
4.26	ตัวอย่างคำตอบนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) เรื่อง การแปลรหัส 108
4.27	ตัวอย่างคำตอบนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่ สมบูรณ์ (PC) เรื่อง การแปลรหัส 109

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญของปัญหา

ยีนและโครโมโซมเป็นเนื้อหาที่มีความสำคัญในการศึกษาเรื่องพันธุศาสตร์ ซึ่งเป็นแนวคิดหลักในวิชาชีววิทยาในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย อีกทั้งมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตและสามารถนำไปปรับใช้ในชีวิตประจำวัน อาทิ เทคโนโลยีชีวภาพที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงคุณภาพชีวิตของมนุษย์และการเพิ่มผลผลิต การปรับปรุงพันธุ์พืชเพื่อการค้า การสังเคราะห์สารเคมีที่ใช้ในชีวิตประจำวัน การหาความสัมพันธ์ในเครือญาติ การตรวจสอบโรคทางพันธุกรรม รวมทั้งการสังเคราะห์ยารักษาโรคอีกด้วย (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [สสวท.], 2552) ดังนั้นผู้เรียนควรมีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องในแนวคิดเรื่องยีนและโครโมโซมเพื่อที่จะสามารถดำรงชีวิตได้อย่างปกติสุข และเข้าใจเนื้อหาทางด้านวิทยาศาสตร์ชีวภาพที่เกี่ยวข้องได้

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ กำหนดให้ผู้เรียนเรียนรู้แนวคิดที่เกี่ยวกับยีนและโครโมโซมในทุกช่วงชั้น โดยแนวคิดเรื่องยีนและโครโมโซม จัดอยู่ในสาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับการดำรงชีวิต โดยตัวชี้วัดในหลักสูตรแกนกลางมุ่งเน้นให้ผู้เรียนระดับประถมศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะที่คล้ายคลึงกันของพ่อแม่และลูกว่าเป็นผลอันเกิดจากการ ถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ทำการสำรวจ เปรียบเทียบ และระบุลักษณะของตนเองกับคนในครอบครัว อธิบายลักษณะการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตในแต่ละรุ่น และสามารถนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ ในชีวิตประจำวันได้ ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น หลักสูตรต้องการให้ผู้เรียนสังเกต และอธิบายลักษณะของโครโมโซมที่มีหน่วยพันธุกรรมหรือยีนในนิวเคลียส อธิบายความสำคัญของสารพันธุกรรมหรือดีเอ็นเอ และกระบวนการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม อธิบายโรคทางพันธุกรรมที่เกิดจากความผิดปกติของยีนและโครโมโซม สำรวจและอธิบายการเกิดความหลากหลายทางชีวภาพในท้องถิ่น และนำความรู้ไปปรับใช้ในการดำเนินชีวิตได้ ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย หลักสูตรมุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจแนวคิดเรื่องยีนและโครโมโซม ในระดับโมเลกุล โดยผู้เรียนสามารถอธิบายกระบวนการถ่ายทอดสารพันธุกรรม มีวาทะ และการเกิด ความหลากหลายทางชีวภาพ นอกจากนี้ผู้เรียนต้องสามารถสืบค้นและอภิปรายผลของเทคโนโลยีชีวภาพ และความหลากหลายทางชีวภาพที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม รวมทั้งสามารถอธิบายกระบวนการคัดเลือกตามธรรมชาติ และผลของการคัดเลือกตามธรรมชาติมีผลต่อความหลากหลายของ

สิ่งมีชีวิต และสามารถนำความรู้ไปใช้ ในชีวิตประจำวันได้ (กระทรวงศึกษาธิการ และ สสวท ., 2544) ซึ่งในรายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติมยังเพิ่มเติมเรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างยีนและโครโมโซม โครโมโซม โครงสร้างดีเอ็นเอ และองค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ (สสวท ., 2544) ดังนั้น จะเห็นได้ว่า แนวคิดเรื่องยีนและโครโมโซมเป็นแนวคิดสำคัญที่หลักสูตรต้องการให้ผู้เรียนทุกระดับมีความรู้ความเข้าใจ และสามารถนำความรู้ดังกล่าวไปปรับใช้ในชีวิตประจำวันได้

อย่างไรก็ตามแม้ว่าเรื่องยีนและโครโมโซมจะเป็นเนื้อหาที่มีความสำคัญที่ผู้เรียนควรได้เรียนรู้ แต่จากประสบการณ์ของผู้วิจัยและการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง พบว่าผู้เรียนจำนวนมากขาดความรู้ความเข้าใจในเรื่องนี้ แม้จะได้เรียนผ่านมาแล้วก็ตาม จากประสบการณ์การสอนของผู้วิจัยพบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถเชื่อมโยงองค์ประกอบของนิวคลีโอไทด์และดีเอ็นเอได้ ส่งผลให้ผู้เรียนไม่สามารถอธิบายการจำลองดีเอ็นเอและการสังเคราะห์โปรตีนได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่พบว่านักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนมากในเรื่องนี้ ดังเช่น งานวิจัยของ ทศนียา รัตนฤทัย , กัญจนา อีระกุล และนฤมล ยุตาคม (2549) ที่ทำการสำรวจแนวคิดของนักเรียนด้อยโอกาสในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายและพบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนในเรื่องยีน โครโมโซม แอลลีลเด่น แอลลีลด้อย และโรคทางพันธุกรรม ผู้เรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนในเรื่องลักษณะทางพันธุกรรม และโครโมโซมเพศ และไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ในเรื่อง พันธุวิศวกรรม เช่นเดียวกับ จิตตินันท์ สาตะนิมิต (2550) ที่ทำการสำรวจแนวคิดของนักเรียนเตรียมทหารชั้นปีที่ 3 (เทียบเท่ากับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6) และพบว่า นักเรียนเตรียมทหารน้อยกว่าร้อยละ 50 มีแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องโครงสร้าง หน้าที่และความสำคัญของโครโมโซม ยีน สารพันธุกรรม จีโนมไทป์ ฟีนোটป์ และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่ควบคุมโดยยีนบนโครโมโซมเอกซ์ นอกจากนี้ อุษา นาคทอง, อีราพร อนันตะเศรษฐกุล และนฤมล ยุตาคม (2550) ยังพบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มากกว่าร้อยละ 50 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับจำนวนโครโมโซมในเรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสและไมโทซิส และนักเรียนร้อยละ 27 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับข้อมูลทางพันธุกรรมของเซลล์เริ่มต้นและเซลล์ใหม่ในเรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส และพิศเนตร อุทัยไชย (2554) ที่ศึกษาแนวคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในเรื่อง พันธุศาสตร์โมเลกุล ที่เรียนด้วยการบรรยายโดยใช้หนังสือเรียนวิชาชีววิทยาของ สสวท. นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน นอกจากนี้ยังพบรายงานการวิจัยในต่างประเทศเกี่ยวกับการมีแนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียนในแนวคิดเรื่องยีนและโครโมโซม โดย Martens and Walker (1992) รายงานว่า นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ไม่เข้าใจเรื่องการจัดเรียงตัวของโครโมโซมขณะที่มีการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ส่วน Lewis , Leach and Wood-Robinson (2000) รายงานว่า ผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีความสับสนเกี่ยวกับคำจำกัดความของคำว่า สิ่งมีชีวิต เซลล์ นิวเคลียส ยีน ดีเอ็นเอ และ โครมาติด โดยความสับสนนี้จะส่งผลต่อความเข้าใจของผู้เรียนในแนวคิดเรื่องยีนและโครโมโซม กล่าวคือ เมื่อผู้เรียนไม่เข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของโครโมโซม

และความสัมพันธ์ระหว่างโครโมโซมและยีน จะทำให้ผู้เรียนไม่เข้าใจแนวคิดเรื่อง พันธุศาสตร์ นอกจากนี้ในเรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสพบว่า ผู้เรียนบางส่วนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับจำนวนโครโมโซมของเซลล์ลูก และโครโมโซมเพศ

การที่ผู้เรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนไปจากแนวคิดวิทยาศาสตร์อาจเกิดจากสาเหตุหลายประการ ไม่ว่าจะเป็นลักษณะเนื้อหาที่เป็นนามธรรม ไม่สามารถมองเห็นหรือสัมผัสได้โดยตรงจากประสาทสัมผัส จึงทำให้ยากต่อการทำความเข้าใจ (Dikmenli, 2009) นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสารพันธุกรรมและโครโมโซม ความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมของโครโมโซมกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ส่งผลให้นักเรียนเรียนด้วยการจดจำเนื้อหาตามที่ครูสอน โดยขาดความเข้าใจอย่างถ่องแท้ (Dikmenli, 2009; Gili and Stavy, 2000) และสาเหตุสำคัญอีกประการหนึ่งของการเกิดแนวคิดคลาดเคลื่อน คือ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ครูใช้การบรรยายเป็นส่วนใหญ่ (ทัศนียา รัตนฤทัย และคณะ, 2549; พิศเนตร อุทัยไชย, 2554) การถ่ายทอดความรู้จากครูสู่นักเรียน โดยนักเรียนขาดการมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ (Tytler, 2002) และการจัดการเรียนรู้ที่ไม่สนับสนุนให้นักเรียนเห็นคุณค่าของความรู้ที่เรียน กล่าวคือ ไม่มีการนำความรู้ที่เรียนไปปรับใช้ในสถานการณ์ใหม่ หรือสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน (อุษา นาคทอง และคณะ, 2550) อีกสาเหตุหนึ่งของการเกิดแนวคิดคลาดเคลื่อนอาจมาจากการสอน ซึ่งอาจเป็นแผนภาพ ใบงาน หรือใบความรู้ ที่ไม่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ (ทัศนียา รัตนฤทัย และคณะ, 2549) ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการมีส่วนร่วมของผู้เรียน การช่วยให้ผู้เรียนได้ มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งที่เรียนรู้ เพื่อเรียนรู้ เนื้อหาที่เป็นนามธรรม การจัดสถานการณ์ที่สอดคล้องกับชีวิตประจำวันเพื่อให้ผู้เรียนได้ปรับใช้ความรู้ และการเลือกใช้สื่อการสอนที่สอดคล้องกับลักษณะเนื้อหาจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ในเรื่องยีนและโครโมโซมมากยิ่งขึ้น

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะใช้กรอบแนวคิดของทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองในการจัดการเรียนรู้เรื่องยีนและโครโมโซม ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองได้อธิบายเกี่ยวกับการเรียนรู้ของบุคคลไว้ว่า การสร้างองค์ความรู้ต้องเกิดจากการที่บุคคลมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมจึงเกิดการซึมซาบ (assimilation) ข้อมูลใหม่ จากนั้นทำการเชื่อมโยงข้อมูลใหม่กับประสบการณ์เดิมเป็นการปรับโครงสร้างทางปัญญา (Accommodation) ซึ่งบางครั้งการปรับโครงสร้างทางปัญญาอาจไม่เชื่อมโยงข้อมูลใหม่กับประสบการณ์เดิมได้ ทำให้บุคคลนั้นเกิดการเสียสมดุลทางปัญญา (Disequilibrium) จึงต้องหาวิธีการปรับสมดุล ซึ่งอาจใช้การปฏิสัมพันธ์ทางสังคมและวัฒนธรรม กับผู้ที่มีประสบการณ์มากกว่าจนสามารถเชื่อมโยงข้อมูลใหม่กับประสบการณ์เดิม และสร้างความหมายขึ้นภายในตนเอง เกิดเป็นองค์ความรู้ที่สร้างขึ้นด้วยตนเอง และกลับมาอยู่ในสภาวะสมดุลอีกครั้งหนึ่ง

(บุพชาติ ทัพทิกรณ์, 2551) ดังนั้นความรู้เกิดจากการที่ผู้เรียนลงมือปฏิบัติจริงในบริบททางสังคม โดยผู้เรียนเป็นผู้สร้างองค์ความรู้ขึ้นเอง และผู้เรียนแต่ละคนจะรับผิดชอบในการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง กล่าวคือ รับผิดชอบในสิ่งที่ตัวเองจะเรียนรู้ และวิธีที่จะเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น โดยมีหลักการสำคัญ คือ 1) การนำเอาความรู้เดิมของผู้เรียนในเรื่องที่สอนมาใช้เป็นแนวทางในการสร้างองค์ความรู้ใหม่ กล่าวคือ มีการเปรียบเทียบความรู้เดิมและความรู้ใหม่ของผู้เรียนให้เห็นถึงความแตกต่างและ การเชื่อมโยงความรู้ใหม่และความรู้เดิมเพื่อปรับความรู้ให้เป็นไปในทิศทางเดียวกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ 2) การให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรม กับครู หรือการมีปฏิสัมพันธ์กันเองระหว่างผู้เรียนเพื่อแสวงหาองค์ความรู้ใหม่ กล่าวคือ การจัดให้มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่มย่อยจากกิจกรรม นำเสนอในกลุ่มใหญ่พร้อมแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับครูผู้สอนและผู้เรียนกลุ่มอื่นๆ 3) การที่ผู้สอนมีบทบาทเป็นผู้เสนอแนะและจัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง กล่าวคือ ผู้สอนสร้างสถานการณ์และบรรยากาศที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ และสร้างความรู้ขึ้นภายในตัวผู้เรียนเอง 4) การสร้างความหมายจากการอภิปรายแสดงความคิดเห็น กล่าวคือ การจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เปรียบเทียบประสบการณ์หรือคำอธิบายของตนเองกับผู้อื่น แล้วลงข้อสรุปคำอธิบายหรือความรู้ที่ได้รับบนพื้นฐานของข้อมูลที่นำเสนอ

เนื่องจากเนื้อหาเรื่องยีนและโครโมโซมเป็นเนื้อหาที่มีลักษณะเป็นนามธรรม และยากต่อการทำความเข้าใจ (Dikmenli, 2009) ผู้วิจัยจึงศึกษาเทคนิคการสอนต่างๆ ที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจเนื้อหาที่เป็นนามธรรมได้ดียิ่งขึ้น รวมทั้งสามารถนำเทคนิคดังกล่าวมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ภายใต้กรอบแนวคิดของทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง และส่งผลให้ผู้เรียนมีความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์เพิ่มมากขึ้น และจากการตรวจสอบเอกสารพบว่า การอุปมาอุปไมย (Analogy) เป็นเทคนิคการสอนที่มีจุดเด่นคือช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจ เนื้อหาที่มีลักษณะ เป็นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่มองไม่เห็นและยากต่อการทำความเข้าใจได้ดี (Lawson, Leach and Wood-Robinson, 2000; Treagust, Harrison and Venville, 1998 และชาติรี ฝ่ายคำตา, 2551) ดังที่ Glynn and Takahashi (1998) ทำการศึกษาการจัดการเรียนรู้เกี่ยวกับส่วนประกอบภายในเซลล์โดยใช้การอุปมาอุปไมยในรูปแบบการสอน Teaching-With-Analogy (TWA) และพบว่านักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นมีความเข้าใจและความจำที่ดีขึ้น สอดคล้องกับ Harrison และ Treagust (1993) ที่ศึกษาการสอนแบบอุปมาอุปไมยในเรื่องการผ่านตัวกลางชนิดต่างๆ ของแสงในวิชาฟิสิกส์ และพบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีความเข้าใจในแนวคิดการส่องผ่านของแสงเมื่อผ่านตัวกลางชนิดต่างๆ ได้มากขึ้น เช่นเดียวกับ Venville และ Treagust (1994) ที่ศึกษาการใช้รูปแบบการสอน TWA ในเรื่องโครงสร้างอะตอม และพบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีความเข้าใจเรื่องโครงสร้างอะตอมมากขึ้น ส่วน

Rothhaar, Pittendrigh, and Orvis (2006) ศึกษาการอุปมาอุปไมยโดยใช้แบบจำลองลำดับเบสบนดีเอ็นเอที่เรียกว่า Genomic Analogy Model for Educators (GAME) และพบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายมีคะแนนเพิ่มขึ้นหลังจากใช้ GAME เช่นเดียวกับ Butler และ Brooks (2008) ที่ใช้ GAME และพบว่านักเรียนที่มีความบกพร่องทางการมองเห็นและตาบอดสามารถพัฒนาการเรียนรู้เรื่องลำดับเบสบนดีเอ็นเอได้ดี ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำเทคนิคอุปมาอุปไมยมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ภายใต้กรอบแนวคิดของทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เพื่อช่วยให้นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องยีนและโครโมโซม

การอุปมาอุปไมยเป็นเทคนิคการสอนที่ช่วยผู้เรียนในการทำความเข้าใจแนวคิดใหม่ โดยการเชื่อมโยงสิ่งที่ผู้เรียนคุ้นเคย ที่เรียกว่า อนาล็อก (Analog) กับสิ่งใหม่หรือแนวคิดใหม่ ที่เรียกว่า เป้าหมาย (Target) (Glynn, Duit and Thiele, 1995; Paris และ Glynn, 2004; Treagust et al, 1998) เพื่อช่วยให้ผู้เรียนเห็นภาพแนวคิดใหม่ที่มีลักษณะเป็นนามธรรมได้ และทำให้ผู้เรียนสามารถเปรียบเทียบสิ่งที่ตนเองคุ้นเคยกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ได้ อีกทั้งยังช่วยกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนได้อีกด้วย (James and Sharmann, 2007; Treagust, Harrison and Venville, 1998) อย่างไรก็ตาม การอุปมาอุปไมยมีข้อจำกัด กล่าวคือ หากผู้สอนใช้การอุปมาอุปไมยโดยไม่เน้นย้ำถึงความเหมือนและความต่างระหว่างอนาล็อกและเป้าหมาย การอุปมาอุปไมยก็อาจเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดความเข้าใจคลาดเคลื่อนแก่ผู้เรียนได้เช่นกัน (Glynn, 1994) นอกจากนี้การอุปมาอุปไมยอาจไม่เหมาะสมในบางเนื้อหา (Harrison and Treagust, 2006) เช่น เรื่องโมเลกุล การแพร่ และธรณีภาค (Plate Tectonics Theory) เพราะเป็นเนื้อหาที่มีความซับซ้อน ดังนั้น การใช้เทคนิคอุปมาอุปไมย ผู้สอนจึงต้องใช้ด้วยความรอบคอบระมัดระวัง โดยวิธีหนึ่งที่สามารถป้องกันไม่ให้เกิดแนวคิดคลาดเคลื่อนอันเป็นผลจากการอุปมาอุปไมย คือ การสำรวจความรู้อื่นของผู้เรียนเกี่ยวกับอนาล็อกที่ต้องการ เชื่อมโยงไปยังเนื้อหา ผู้สอนใช้เทคนิคอุปมาอุปไมยอย่างเป็นระบบ (Glynn, 1994) นอกจากนี้การใช้อนาล็อก ผู้สอนต้องเลือกอนาล็อกที่ผู้เรียนคุ้นเคย และชี้ให้ผู้เรียนเห็นความแตกต่างระหว่างอนาล็อกและเป้าหมาย (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2551; Harrison and Richard, 2008; Glynn, 2007) หากทำได้เช่นนี้ ผู้สอนก็จะสามารถใช้การอุปมาอุปไมยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ด้วยเหตุและผลดังกล่าวข้างต้น ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัย จึงมีความสนใจที่จะศึกษา ผลของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย ที่มีต่อแนวคิดเรื่อง ยีนและโครโมโซม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ผู้วิจัยรับผิดชอบสอน นอกจากนี้ผู้วิจัยยังต้องการศึกษาแนวทางในการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดและเทคนิคดังกล่าว ที่ช่วยให้นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่องยีนและโครโมโซม โดยในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action research) เพื่อค้นหาคำตอบของคำถามวิจัย

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาแนวคิดเรื่องยีนและโครโมโซมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับ เทคนิค อุปมาอุปไมย

2. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย ที่ช่วยให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง ยีนและโครโมโซม

คำถามวิจัย

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีแนวคิดเรื่องยีนและโครโมโซมอย่างไร หลังเรียน ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย

2. การจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับ เทคนิค อุปมาอุปไมย ควรมีแนวทางการจัดอย่างไร ที่ช่วยให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีแนวคิด วิทยาศาสตร์ เรื่องยีนและโครโมโซม

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ครูผู้สอนวิชาชีววิทยาและผู้เกี่ยวข้องได้แนวทางในการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับ เทคนิค อุปมาอุปไมย ในการจัดการเรียนรู้เรื่องยีนและโครโมโซมของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

2. ครูผู้สอนวิชาชีววิทยาและผู้เกี่ยวข้องสามารถนำแนวทางในการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวไปปรับใช้ในการจัดการเรียนรู้ในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ เรื่องอื่น ในระดับ ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ขอบเขตการวิจัย

สถานที่ดำเนินการวิจัย

โรงเรียนช่อมาลีวิทยา (นามสมมติ) ซึ่งเป็นโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่แห่งหนึ่ง (จำนวนนักเรียนทั้งหมดประมาณ 1,700 คน) สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 6

กลุ่มที่ศึกษา

กลุ่มที่ศึกษาในงานวิจัยนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 40 คน เป็นนักเรียนชาย 10 คน นักเรียนหญิง 30 คน ที่เรียนรายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม เรื่องยีนและโครโมโซม ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2554 ของโรงเรียนช่อมาลีวิทยา (นามสมมติ) ซึ่งเป็นโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่แห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 6 กลุ่มที่ศึกษาในงานวิจัยนี้ คือ นักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยรับผิดชอบสอน

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

หน่วยการเรียนรู้เรื่องยีนและโครโมโซม ซึ่งครอบคลุมแนวคิด หลัก 5 แนวคิด คือ 1) ความสัมพันธ์ระหว่าง ยีนและโครโมโซม 2) โครโมโซม 3) โครงสร้าง ดีเอ็นเอ 4) องค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ และ 5) สมบัติของสารพันธุกรรม ครอบคลุมแผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 7 แผน ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ 4 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 แผน แผนละ 2 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที รวมทั้งสิ้น 14 คาบเรียน

ระยะเวลา

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2554 (เดือนตุลาคม 2554 - เดือนมกราคม 2555)

นิยามศัพท์เฉพาะ

การจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่เป็นการสร้างสถานการณ์ที่ทำให้ผู้เรียนเกิดแนวคิดใหม่ โดยการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับสิ่งแวดล้อมรอบตัวผู้เรียนโดยประสบการณ์ตรงและกระบวนการกลุ่ม เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้เดิมมาเชื่อมโยงกับข้อมูลใหม่ เกิดเป็นความรู้ใหม่ ผู้สอนมีบทบาทเป็นเพียงผู้เสนอแนะและจัดประสบการณ์ให้แก่ผู้เรียน ในงานวิจัยนี้ การจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองมีกรอบแนวคิด ดังนี้

- 1) การนำเอาความรู้เดิมของผู้เรียนในเรื่องที่สอนมาใช้เป็นแนวทางในการสร้างองค์ความรู้ใหม่ กล่าวคือ มีการเปรียบเทียบความรู้เดิมและความรู้ใหม่ของผู้เรียนให้เห็นถึงความแตกต่างและเชื่อมโยงความรู้ใหม่และความรู้เดิมเพื่อปรับความรู้ให้เป็นไปในทิศทางเดียวกันตามแนวคิดวิทยาศาสตร์
- 2) การให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรม กับครู หรือการมีปฏิสัมพันธ์กันเองระหว่างผู้เรียนเพื่อแสวงหาองค์ความรู้ใหม่ กล่าวคือ การจัดให้มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่มย่อยจากกิจกรรม นำเสนอในกลุ่มใหญ่พร้อมแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับครูผู้สอนและผู้เรียนกลุ่มอื่นๆ
- 3) การที่ผู้สอนมีบทบาทเป็นผู้เสนอแนะและจัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง กล่าวคือ ผู้สอนสร้างสถานการณ์และบรรยากาศที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และสร้างความรู้ขึ้นภายในตัวผู้เรียนเอง
- 4) การสร้างความหมายจากการอภิปรายแสดงความคิดเห็น กล่าวคือ การจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เปรียบเทียบประสบการณ์หรือคำอธิบายของตนเองกับผู้อื่น แล้วลงข้อสรุปคำอธิบายหรือความรู้ที่ได้รับบนพื้นฐานของข้อมูลที่น่าเชื่อถือ

เทคนิคอุปมาอุปไมย คือ เทคนิคการสอนที่ช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้แนวคิดใหม่โดยการเชื่อมโยงแนวคิดใหม่ หรือ เป้าหมาย (Target) กับสิ่งที่ผู้เรียนคุ้นเคย หรือ อนาล็อก (Analog)

การจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับ เทคนิคอุปมาอุปไมย คือ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียนตามกรอบแนวคิดของทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งมี กรอบแนวคิด ดังกล่าว ข้างต้น และมี การสอดแทรกเทคนิคอุปมาอุปไมยในกิจกรรมการเรียนรู้ที่จัดขึ้นตามกรอบของแนวคิดทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้

ด้วยตนเอง ที่สร้างขึ้น เช่น ในกรอบแนวคิดข้อที่ 1 การนำเอาความรู้เดิมของผู้เรียนในเรื่องที่ สอนมาใช้เป็นแนวทางในการสร้างองค์ความรู้ใหม่ เช่น แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง รูปร่าง และลักษณะโครโมโซม ในชั้นหน้าที่ให้นักเรียนสังเกตภาพต่างๆ ซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกับ โครโมโซม และกรอบแนวคิดข้อที่ 2 การให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรม กับครู หรือการมี ปฏิสัมพันธ์กันเองระหว่างผู้เรียนเพื่อแสวงหาองค์ความรู้ใหม่ เช่น แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ ที่ให้นักเรียนเรียงลำดับการทำงานของเอนไซม์ หรือโปรตีนซึ่งเป็นตัว ต่อกระดาะเป็นอนาล็อกที่ใช้ในกระบวนการจำลองดีเอ็นเอ

แนวคิดเรื่องยีนและโครโมโซม หมายถึง ความรู้ความเข้าใจของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 6 ในเรื่องยีนและโครโมโซม ซึ่งประกอบด้วยแนวคิดหลัก 5 แนวคิด คือ 1) ความสัมพันธ์ระหว่างยีนและโครโมโซม 2) โครโมโซม 3) โครงสร้างดีเอ็นเอ 4) องค์ประกอบ ทางเคมีของ ดีเอ็นเอ และ 5) สมบัติของสารพันธุกรรม ซึ่งแนวคิดเรื่องยีนและโครโมโซมของ นักเรียนสามารถ วัดได้จากแบบวัดแนวคิด เรื่อง ยีนและโครโมโซม ที่เป็นข้อคำถามแบบ ปลายเปิด ที่ผู้วิจัย ปรับปรุงมาจากแบบวัดแนวคิดของ จิตตินันท์ สาตะนิมิ (2550) และ พิศนเตร อุทัยไชย (2554)

บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา แนวคิด เรื่องยีนและโครโมโซมของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย และเพื่อศึกษาแนวทางในการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวที่ช่วยให้นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่องยีนและโครโมโซม ผู้วิจัยได้ตรวจเอกสารเพื่อเป็นกรอบแนวคิดในการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism)

- 1.1 ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองของเพียเจต์ (Piaget)
(Cognitive Constructivism)
- 1.2 ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองของวิกโกทสกี (Vygotsky)
(Social Constructivism)
- 1.3 การประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
- 1.4 กรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองในงานวิจัยนี้

2. เทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย (Analogy)

- 2.1 ลักษณะของเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย
- 2.2 การใช้เทคนิคอุปมาอุปไมย
- 2.3 การสอนเทคนิคอุปมาอุปไมยด้วยการใช้แบบจำลอง
- 2.4 ข้อควรระวังในการใช้เทคนิคอุปมาอุปไมย
- 2.5 เทคนิคอุปมาอุปไมยกับการส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

3. แนวคิด

- 3.1 ความหมายของแนวคิดวิทยาศาสตร์
- 3.2 ประเภทของแนวคิดวิทยาศาสตร์
- 3.3 การพัฒนาแนวคิด
- 3.4 วิธีการตรวจสอบแนวคิด
- 3.5 แนวคิดเรื่องยีนและโครโมโซม
- 3.6 แนวคิดคลาดเคลื่อนเรื่องยีนและโครโมโซม

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.1 งานวิจัยในประเทศ

4.2 งานวิจัยต่างประเทศ

ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) เป็นทฤษฎีที่พัฒนาขึ้นโดยเพียเจต์ (Piaget) ในปี ค.ศ. 1896-1980 และวีก็อตสกี (Vygotsky) ในปี ค.ศ. 1896-1934 (ทิศนา แคมมณี, 2552: 90) ซึ่งทฤษฎีดังกล่าวจัดอยู่ในกลุ่มพุทธรนิยม (Cognitive) หรือกระบวนการทางปัญญา ทฤษฎีการสร้าง องค์ความรู้ด้วยตนเองนั้นมิได้นำมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาอย่างแพร่หลาย

1. ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองของเพียเจต์ (Piaget) (Cognitive Constructivism)

ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองของ เพียเจต์ (Piaget) ที่เชื่อว่าความรู้เป็นสิ่งที่ผู้เรียนสร้างขึ้นเอง ครูผู้สอนไม่สามารถสร้างความรู้ให้นักเรียน ซึ่งได้อธิบาย เกี่ยวกับการ ที่บุคคลจะเกิดการเรียนรู้สิ่งต่างๆ ได้นั้น จะเกิดภายในตัวบุคคลซึ่งเกิดจากการที่บุคคลนั้น มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมรอบตัว และซึมซาบ (assimilation) ข้อมูลจากสิ่งแวดล้อมซึ่งเป็นประสบการณ์ใหม่แล้วสร้างความสัมพันธ์กับประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ก่อน หากสามารถเชื่อมโยงข้อมูลจากประสบการณ์ใหม่กับประสบการณ์เดิมได้ สิ่งที่เกิดขึ้นนั้นจะเป็นองค์ความรู้ที่บุคคลนั้นสร้างขึ้นด้วยตนเอง

โดยเพียเจต์ได้เสนอกระบวนการปรับเปลี่ยนโครงสร้างความรู้ 2 กระบวนการ คือ กระบวนการ ซึมซาบหรือดูดซึม (Assimilation) และ กระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา (Accommodation) โดยรายละเอียดของการเรียนรู้แต่ละกระบวนการมีดังนี้

1) กระบวนการซึมซาบหรือดูดซึม (Assimilation) เมื่อผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม และซึมซาบข้อมูลจากประสบการณ์ใหม่ในสิ่งแวดล้อม และนำข้อมูลนั้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมของตนเองซึ่งสะสมมาตั้งแต่เกิด หากเชื่อมโยงได้ก็จะอยู่ในสภาวะสมดุล (Equilibrium) สิ่งทีบุคคลนั้นสร้างขึ้นจากการเชื่อมโยงนั้น เรียกว่า องค์ความรู้ใหม่ ซึ่งเป็นองค์ความรู้ที่สร้างขึ้นภายในตนเอง

2) กระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา (Accommodation) เป็นการปรับข้อมูลจากประสบการณ์ใหม่ซึ่งมาจากการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม เพื่อเชื่อมโยงให้เข้ากับ

ประสบการณ์เดิมอย่างมีความหมายตามความเข้าใจของตนเอง ซึ่งเกิดขึ้นหลังจากที่ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม และซึมซับข้อมูลใหม่ซึ่งเมื่อผู้เรียนนำข้อมูลใหม่มาเชื่อมโยงกับประสบการณ์เดิม แต่ไม่สามารถเชื่อมโยงข้อมูลใหม่กับประสบการณ์เดิมได้ จะเกิดสภาวะไม่สมดุล (Disequilibrium) ทำให้เกิดความอยากรู้ สงสัย ต้องการหาวิธีที่จะสร้างความหมายเพื่อเชื่อมโยงข้อมูลจากประสบการณ์ใหม่ให้สัมพันธ์กับประสบการณ์เดิม อาจใช้กระบวนการทางสังคมในการหาข้อมูลจากความคิดเห็นของผู้อื่น หรืออาจใช้วิธีการอื่นๆ ในที่สุดสามารถเชื่อมโยงและสร้างความหมายขึ้นภายในตนเอง เกิดเป็นองค์ความรู้ที่สร้างขึ้นด้วยตนเอง และกลับมาอยู่ในสภาวะสมดุลอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งแต่ละบุคคลนั้นอาจมีวิธีการในการสร้างความหมายไม่เหมือนกัน ทำให้แต่ละคนอาจสร้างความหมายออกมาแตกต่างกัน

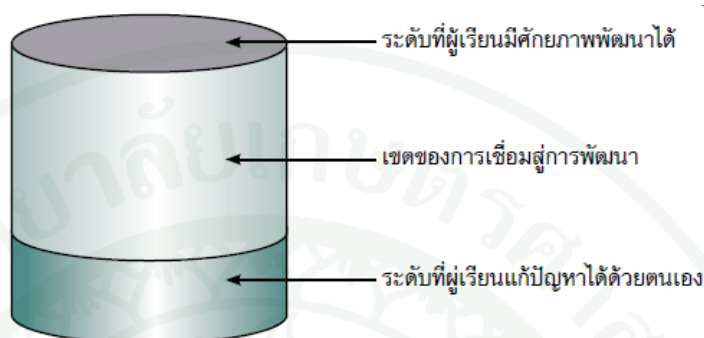
ดังนั้นการมีปฏิสัมพันธ์ของผู้เรียนกับสิ่งแวดล้อมจึงเป็นสิ่งที่สำคัญ เพราะจะทำให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ใหม่เพื่อนำมาเชื่อมโยง ปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาเกิดเป็นความหมายที่ตนเองสร้างขึ้น ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงองค์ประกอบที่ช่วยให้เกิดการสร้างความรู้ คือ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนและผู้เรียน ผู้เรียนและผู้สอน ผู้เรียนกับสื่อ นอกจากนี้ประสบการณ์เดิมของผู้เรียนยังมีความสำคัญในการสร้างองค์ความรู้ใหม่อีกด้วย

2. ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองของวิกิอทสกี (Vygotsky) (Social Constructivism)

ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองของ วิกิอทสกี (Vygotsky) เชื่อว่าความรู้เป็นสิ่งที่ถูกสร้างขึ้นจากข้อตกลงร่วมกัน (วรรณทิพา รอดแรงคำ , 2540) ซึ่งเกิดจากการสื่อสาร และการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมและวัฒนธรรมที่ช่วยพัฒนาความสามารถในการเรียนรู้ของบุคคล โดยเชื่อว่าผู้ที่มีประสบการณ์มากกว่า เช่น ผู้ใหญ่ หรือที่มีอาวุโส เช่น พ่อแม่ ครู หรือเพื่อน จะเป็นสิ่งที่นำวัฒนธรรมและภาษามาช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาการเรียนรู้ (จรัส จันทิพย์ , 2552) เมื่อผู้เรียนได้มีส่วนร่วมกับการกิจกรรม และมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมจะทำให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยการปรับเปลี่ยนความเข้าใจเดิมให้ถูกต้อง และ วิกิอทสกี ได้แบ่งระดับของเชาว์ปัญญาออกเป็น 2 ชั้น (พัชรกร พูลบุญ , 2553) คือ 1) ระดับเชาว์ปัญญาขั้นเบื้องต้น (Elementary mental process) หมายถึง เชาว์ปัญญาที่มีอยู่ตามธรรมชาติโดยไม่ต้องเรียนรู้ เช่น เด็กสามารถดูนมได้ สามารถใช้ส่วนต่างๆ ของร่างกายจับต้องได้ เป็นต้น และ 2) ระดับเชาว์ปัญญาขั้นสูง (Higher mental process) หมายถึง เชาว์ปัญญาที่เกิดจากการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ที่มีประสบการณ์มากกว่า เช่น เพื่อนที่มีประสบการณ์มากกว่า ครู หรือผู้ใหญ่ที่ให้การเลี้ยงดูโดยใช้ภาษา สัญลักษณ์ต่างๆ

นอกจากนี้ วิกิอทสกีได้อธิบายเกี่ยวกับขอบเขตของการเชื่อมสู่การพัฒนา (Zone of proximal development) ว่าผู้เรียนทุกคนสามารถพัฒนาการทางเชาว์ปัญญา ขั้นเบื้องต้นของ

ตนเอง โดยการมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนที่มีประสบการณ์มากกว่า ครู หรือผู้ใหญ่จนพัฒนาตนเอง จนอยู่ในระดับเขาวนปัญญาขั้นสูงที่ผู้เรียนมีศักยภาพพัฒนาได้ ดังแสดงในภาพที่ 2.1 ซึ่ง ระดับพัฒนาการที่ ผู้เรียน มีศักยภาพจะ พัฒนาได้นี้ จะมีความแตกต่าง กันในแต่ละ บุคคล (บุพชาติ ทัททิกรณ์, 2551)



ภาพที่ 2.1 เขตการเชื่อมสู่การพัฒนา (Zone of proximal development)

ที่มา: บุพชาติ ทัททิกรณ์ (2551: 9)

วิกิอทส์ก็ได้อธิบายวิธีการ ในที่ผู้เรียนจะพัฒนาถึงระดับที่ผู้เรียนมีศักยภาพ พัฒนาได้ไว้ 4 หลักการ (บุพชาติ ทัททิกรณ์, 2551) คือ

1) ผู้เรียนเป็นผู้สร้างองค์ความรู้ขึ้นมาเอง เนื่องจากการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ที่มีประสบการณ์มากกว่าซึ่งเป็นผู้ส่งเสริมการเรียนรู้เท่านั้น แต่ผู้เรียนต้องนำข้อมูลหรือกิจกรรมที่ช่วยให้เกิดการเรียนรู้จากผู้ที่มีประสบการณ์มากกว่ามาพัฒนาระดับเขาวนปัญญาเบื้องต้นด้วยตนเองจนสามารถอยู่ในระดับเขาวนปัญญาขั้นสูง

2) พัฒนาการทางปัญญาของผู้เรียนแยกออกจากสังคมไม่ได้ คือ การพัฒนาผู้เรียนต้องอาศัยการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ที่มีประสบการณ์มากกว่าซึ่งอยู่ในสังคม ดังนั้นการพัฒนาปัญญาจึงไม่สามารถแยกออกจากสังคมได้

3) การเรียนรู้ทำให้เกิดการพัฒนาการ การพัฒนาระดับเขาวนปัญญาจากระดับเขาวนปัญญาขั้นเบื้องต้น จะพัฒนาไปสู่ระดับเขาวนปัญญาขั้นสูงได้ ต้องมีการเรียนรู้จากการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ที่มีประสบการณ์มากกว่า จึงจะสามารถพัฒนาไปยังระดับเขาวนปัญญาขั้นสูง

4) ภาษาเป็นสิ่งสำคัญในการพัฒนาผู้เรียนไปสู่ระดับเขาวนปัญญาขั้นสูง เนื่องจากการพัฒนาของผู้เรียนต้องเกิดจากการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ที่มีประสบการณ์มากกว่า ซึ่งต้องใช้ภาษา

ในการสื่อสาร แลกเปลี่ยนความคิดเห็นจึงจะเกิดการมีปฏิสัมพันธ์ ดังนั้นภาษาจึงเป็นเครื่องมือสำคัญในการพัฒนาผู้เรียน

3. การประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

จากการศึกษาเอกสารพบว่ามื่อนักการศึกษาหลายคนที่ได้ สรุปหลักการของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ดังเช่น Knuth, Jones and Baxendale (1991 อ้างใน บุปผชาติ ทัพทกรณ์, 2542) ได้กล่าวถึงหลักการในการจัดเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง สรุปได้ดังนี้

- 1) การเรียนรู้ไม่จำเป็นต้องมาจากการสอน ดังนั้น การสอนจะต้องเป็นการช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาความเข้าใจ (ไม่ใช่การจำ) และจะต้องพัฒนากลยุทธ์ในการประเมินเพื่อวัดความเข้าใจนี้
- 2) ผู้เรียนจะเรียนรู้อะไร มีอิทธิพลมาจากความคิดที่มีอยู่เดิมของผู้เรียน ความเข้าใจเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนเชื่อมโยงความคิดที่มีเข้าด้วยกัน และจะเกิดได้ดีที่สุดเมื่อการคิดเกิดในสภาพแวดล้อมที่มีผู้เรียนหลากหลาย หรือมีทางเลือกหลายทาง และเมื่อผู้เรียนมีโอกาสใช้ความคิดนั้นในเรื่องที่เกิดขึ้นจริง
- 3) การเรียนรู้มักจะเกิดจากสิ่งที่เป็นรูปธรรม เชื่อมโยงไปสู่สิ่งที่ เป็นนามธรรม การเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับความเข้าใจในสิ่งที่เป็นรูปธรรมไปสู่ระบบของสัญลักษณ์ที่เป็นนามธรรม ดังนั้นการเรียนรู้จึงควรเริ่มจากสิ่งที่เป็นธรรมดา และพัฒนามาเป็นสัญลักษณ์ที่ใช้แทน
- 4) การเรียนรู้ที่ดี เกี่ยวข้องกับการได้ฝึกปฏิบัติ และส่งเสริมให้ผู้เรียนได้คิดอย่างมีวิจารณญาณ สามารถวิเคราะห์สารสนเทศ และสื่อสารความคิดทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งใช้เหตุผลและผล
- 5) ผู้เรียนจะต้องรู้สึกเป็นอิสระที่จะได้แสดงความคิดและได้รับการวิเคราะห์ และข้อคิดเห็นจากเพื่อนๆ ทำให้ผู้เรียนได้สะท้อนความคิดและการกระทำ การมองความสัมพันธ์ระหว่างส่วนของความรู้สึกและได้ทดสอบในสิ่งที่ตนรู้ว่าถูกต้องหรือไม่
- 6) ชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ควรเป็นชั้นเรียนที่สนับสนุนและส่งเสริมความเชื่อที่ว่าผู้เรียนสามารถคิดได้เหมือนนักวิทยาศาสตร์

นอกจากนี้สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (2538) ได้กล่าวว่า การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์นั้นเน้นกระบวนการที่ผู้เรียนเป็นผู้ปฏิบัติด้วยตนเองเป็นสำคัญ ผู้สอนเป็นเพียงผู้จัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้ศึกษาด้วยตนเองมากกว่าที่จะเป็นผู้บอกเล่าให้นักเรียนจดจำ ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงวุฒิภาวะ ประสบการณ์เดิมและสิ่งแวดล้อมที่นักเรียนได้รับมาแล้วก่อนเข้าสู่ห้องเรียน การพัฒนาแนวคิดหลักของผู้เรียนจะเกิดขึ้นในสมองเอง ซึ่งอาจสอดคล้องหรือขัดแย้งกับความเข้าใจและข้อเท็จจริงได้ การเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองจะเกิดขึ้นได้ตามเงื่อนไข ที่สรุปได้ดังนี้ 1) การเรียนรู้เป็น active process ที่เกิดขึ้นเฉพาะตัวบุคคล การสอนโดยวิธีบอกเล่า passive process ไม่ช่วยให้เกิดการพัฒนาแนวคิดหลักมากนัก 2) ความรู้ต่างๆ จะถูกสร้างขึ้นด้วยตัวของผู้เรียนเอง โดยใช้ข้อมูลที่ได้รับมาใหม่กับข้อมูลเก่าหรือความรู้ที่มีอยู่แล้วจากแหล่งต่างๆ มาเป็นเกณฑ์ช่วยในการตัดสินใจ 3) ความรู้และความเชื่อของแต่ละคนจะต่างกันขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อม ชนบทธรรมเนียมประเพณี และสิ่งที่ผู้เรียนได้พบเห็น ซึ่งจะถูกใช้เป็นพื้นฐานในการตัดสินใจ และใช้เป็นข้อมูลในการสร้างแนวคิดใหม่ 4) ความเข้าใจจะแตกต่างจากความเชื่อโดยสิ้นเชิง อย่างไรก็ตามความเชื่อจะมีผลโดยตรงต่อการสร้างแนวคิดหรือการเรียนรู้ และ 5) การเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์จะเกี่ยวข้องกับการพัฒนาแนวคิดหลักของนักเรียนในลักษณะต่างๆ

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2550) ได้อธิบายลักษณะการจัดการเรียนรู้แบบการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ไว้ดังนี้ 1) กระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนและความสำคัญของความรู้เดิม 2) การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเป็นผู้แสดงความรู้ด้วยตนเอง และสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง 3) ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติจริง แสวงหา ค้นคว้าความรู้ด้วยตนเองจนค้นพบความรู้ และรู้จักสิ่งที่ค้นพบ เรียนรู้ วิเคราะห์ศึกษาค้นคว้าจนถึงรู้แจ้ง และ 4) ผู้เรียนได้ฝึกกระบวนการกลุ่ม อันเป็นพื้นฐานของการดำรงชีวิตในสังคมอย่างเป็นสุข

Driver and Bell (1986 อ้างใน พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์, 2548) ได้สรุปแนวคิดการเรียนรู้แบบการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองไว้ดังนี้ 1) ผลการเรียนรู้ไม่เพียงแต่ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมการเรียนรู้เท่านั้น แต่ขึ้นอยู่กับความรู้และประสบการณ์ของผู้เรียนด้วย 2) การเรียนรู้เกี่ยวกับการสร้างแนวคิดของผู้เรียนจะเกิดได้จากการสร้างด้วยตัวผู้เรียนเองมากกว่ารับฟังจากผู้อื่น 3) การสร้างแนวคิดเป็นกระบวนการที่ต่อเนื่อง และเป็นกระบวนการที่ผู้เรียนเป็นผู้ทำ เป็นผู้ตื่นตัว 4) แนวคิดที่สร้างขึ้น อาจเป็นที่ยอมรับ หรือไม่เป็นที่ยอมรับก็ได้ และ 5) ผู้เรียนเป็นผู้รับผิดชอบในการเรียนรู้ การเป็นผู้สร้างความรู้ขึ้นเอง คือ การเป็นผู้รับผิดชอบในการเรียนเอง

Iding (1997) อธิบายถึงลักษณะของการเรียนและการสอนตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ไว้ดังนี้ 1) มีมุมมองที่หลากหลายและมีการนำเสนอเนื้อหา แนวคิดของ

ผู้เรียนที่ได้รับการสนับสนุน ผู้เรียนมีจุดประสงค์และเป้าหมายในการอภิปรายกับผู้สอนอย่างเป็นระบบ 2) ผู้สอนมีหน้าที่เป็นผู้แนะนำเท่านั้น 3) กิจกรรม โอกาส เครื่องมือและบรรยากาศนั้นถูกจัดเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ควบคุมความคิดของตนเอง วิเคราะห์ ดูแลตนเอง สะท้อนตนเอง และตระหนักเกี่ยวกับตนเอง 4) สถานการณ์ในการเรียนรู้ สิ่งแวดล้อม ทักษะ เนื้อหา และภาระงานนั้นต้องตรงประเด็น ตามความเป็นจริง แสดงให้เห็นถึงความซับซ้อนของธรรมชาติในโลกแห่งความจริง 5) การสร้างความรู้ไม่ใช่การอัดสำเนาจากต้นแบบ 6) การสร้างความรู้เกิดขึ้นภายในตัวบุคคล โดยผ่านประสบการณ์ มีการอภิปรายในสังคม 7) ความรู้เดิม ความเชื่อ และเจตคติที่มีส่วนในการสร้างความรู้ของผู้เรียน 8) การแก้ปัญหา กระบวนการคิดขั้นสูงและความเข้าใจที่ลึกซึ้งซึ่งมีส่วนสำคัญในการสร้างความรู้ 9) ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นเป็นส่วนหนึ่งในการสร้างความรู้ 10) การอธิบายนั้นใช้กระบวนการที่ซับซ้อน เป็นการส่งเสริมการสร้างความรู้ที่ลึกซึ้งอย่างอิสระตามเป้าหมาย 11) ผู้เรียนได้รับโอกาสฝึกการเรียนรู้ที่มีความซับซ้อนในภาระงานที่ใช้ทักษะ 12) ความซับซ้อนของความรู้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของแนวคิดและการเรียนรู้ซึ่งมีความแตกต่างกัน 13) การเรียนแบบร่วมมือนั้นสามารถส่งเสริมผู้เรียนให้เสนอแนวคิดที่แตกต่างกัน 14) การเสริมต่อการเรียนรู้จะส่งเสริมให้ผู้เรียนแสดงความสามารถออกมาได้มากกว่าความสามารถของตนเอง และ 15) การวัดผลตามจริงนั้นทำควบคู่ไปกับการสอน

Richardson (2003) ได้อธิบายลักษณะของการสอนตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ไว้ดังนี้ 1) ความสนใจในตัวผู้เรียนความเชื่อในความรู้เดิมของผู้เรียน จะช่วยพัฒนาความเข้าใจของผู้เรียน 2) ส่งเสริมการอภิปรายภายในกลุ่มเพื่ออธิบาย สนทนาและแลกเปลี่ยนความเข้าใจในเนื้อหา 3) วางแผนความรู้ที่ต้องการให้เข้าไปอยู่ในการอภิปราย สนทนาสู่การจัดการเรียนรู้โดยอ้างอิงหนังสือ สืบค้นจากเว็บไซต์ หรือแหล่งอื่น 4) ส่งเสริมโอกาสให้ผู้เรียนได้ตัดสินใจ ทำทนาย แลกเปลี่ยนหรือเพิ่มความเชื่อและความเข้าใจที่กระตุ้นให้ภาระงานนั้นเป็นไปตามเป้าหมาย และ 5) การพัฒนาความรู้ตัวของผู้เรียนในกระบวนการเกิดความเข้าใจและการเรียนรู้ของตนเอง

วรรณทิพา รอดแรงคำ (2540: 20-21) ได้สรุปการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ไว้ว่า บุคคลทุกคนมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมรอบๆ ตัว และแสวงหาเพื่อที่จะได้อธิบายสิ่งแวดล้อมต่างๆ เหล่านั้นได้ และในการหาคำอธิบาย บุคคลจะได้สร้างโมเดลหรือตัวแทนของวัตถุ ปรากฏการณ์ และเหตุการณ์ที่เขาได้พบในสมองของเขา

นฤมล ยุตาคม (2541: 24) ได้กล่าวถึงการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ดังนี้ 1) การเรียนรู้เป็นกระบวนการของการลงมือปฏิบัติในการสร้างความรู้โดยสังเคราะห์ประสบการณ์ใหม่ๆ ให้สัมพันธ์กับประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ก่อนแล้ว และการเรียนรู้

เกิดจากการที่ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกับผู้อื่น 2) การเรียนรู้เกิดจากการสร้างความรู้โดยตัวผู้เรียนเอง จากการรับรู้โดยประสาทสัมผัสที่บุคคลได้รับสิ่งเร้า ดังนั้นการที่ครูถ่ายทอดความรู้โดยบอกความรู้แก่ผู้เรียน ไม่สามารถทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ทั้งหมด 3) ความรู้เดิมของผู้เรียนจะช่วยเสริมหรืออาจเป็นอุปสรรคในการสร้างองค์ความรู้ได้ 4) การเรียนรู้เป็นกระบวนการที่ผู้เรียนเองแก้ปัญหาความขัดแย้งทางความคิดภายในของตนเอง โดยใช้ประสบการณ์ที่เป็นรูปธรรม การพูดคุยกันระหว่างการทำงานร่วมกัน และสะท้อนความรู้สึกออกมา

วรัญญา จีระวิพลวรรณ (2546) ได้อธิบายหลักการในการสอนวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้ 1) กิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับผู้เรียน คือ กิจกรรมที่เกี่ยวข้องและสัมพันธ์กับผู้เรียน เช่น เหตุการณ์ที่เกี่ยวกับในชีวิตประจำวัน ประสบการณ์ ความรู้เดิม ความสนใจ และความสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียน ครอบครัว เพื่อนและครู 2) กิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นข้อเท็จจริง ทฤษฎีและกฎ มีแนวโน้มที่จะเปลี่ยนแปลงเมื่อมีหลักฐานใหม่ มีการแปลความหมายโดยใช้ทฤษฎีใหม่ 3) มีการจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนสำรวจตรวจสอบปรากฏการณ์ธรรมชาติโดยใช้วิธีการทดลองและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 4) ผู้เรียนรับผิดชอบและมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ โดยการกำหนดหัวข้อที่จะเรียนตามความสนใจ ช่วยครูกำหนดวิธีวัดและผลการเรียนรู้ วางแผนกำหนดเวลาการส่งงาน หรือวางแผนการทดลอง เป็นต้น 5) มีการจัดกลุ่มผู้เรียนแบบละความสามารถและเพศ เพื่อให้ผู้เรียนที่มีความสามารถและเพศแตกต่างกันมีโอกาสแลกเปลี่ยนประสบการณ์ ความสามารถ และช่วยเหลือซึ่งกันและกัน และเพื่อส่งเสริมเจตคติที่ดีต่อสมาชิกแต่ละคน 6) มีการจัดกิจกรรมส่งเสริมปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียนและผู้เรียนกับครู มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในกลุ่มย่อย และ 7) มีการประเมินผลการเรียนรู้ด้วยวิธีการที่หลากหลาย

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2544: 139) กล่าวถึงหลักการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ไว้ดังนี้ 1) ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการวางแผนการจัดการเรียนรู้ 2) ผู้เรียนได้เรียนรู้ตรงกับความต้องการ ความสนใจ และความถนัดของตนเอง 3) ผู้เรียนมีโอกาสคิดอย่างสร้างสรรค์ 4) ผู้เรียนมีโอกาสแสดงออกอย่างอิสระ 5) ผู้เรียนได้เป็นผู้ปฏิบัติด้วยตนเอง 6) ผู้เรียนได้เรียนรู้จากสภาพจริงและได้รับประสบการณ์ตรง 7) ผู้เรียนได้ใช้สื่อต่างๆ เพื่อการเรียนรู้ 8) ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกับผู้อื่นหรือทำงานเป็นกลุ่ม และ 9) ผู้เรียนได้เรียนอย่างมีความสุข

จรัส จันทิพย์ (2552) ได้สรุปลักษณะสำคัญของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ไว้ดังนี้

1) เพิ่มแรงจูงใจ กิจกรรมในการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งมีแนวโน้มที่จะให้ความสำคัญต่อผู้เรียน และสภาพจริง (Authentic) ซึ่งถือว่าเกิดจากความสนใจที่มาจากภายใน ดังนั้นจึงเป็นแรงจูงใจที่มาจากภายในของผู้เรียน

2) ส่งเสริมการคิดวิพากษ์ (Encourages critical thinking) ภารกิจการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองที่ผ่านการลงมือกระทำของผู้เรียน ภารกิจการเรียนรู้ตามสภาพจริง และจัดให้ผู้เรียนควบคุมการเรียนรู้ของตนเอง และส่งเสริมการคิดวิพากษ์ตลอดจนการสร้างความรู้ด้วยตนเองให้มากขึ้นมีการถ่ายโอนความรู้ และการสร้างความหมายในการเรียนรู้ของตนขึ้น

3) ส่งเสริมแบบการเรียนรู้ที่หลากหลาย (Accommodate diverse learning styles) สิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยปกติจะเปิดโอกาสให้ผู้เรียน เรียนรู้เป็นรายบุคคล สร้างความหมายจากแหล่งการเรียนรู้ที่เป็นปัจจัยภายนอก ซึ่งอาจจัดให้ผู้เรียนทำการควบคุมการเรียนรู้ของตนเองมากขึ้น และปรับแบบการเรียนรู้ (Style of learning) ตามความสามารถหรือความต้องการได้มากขึ้น

4) สนับสนุนการเสาะแสวงหาความรู้ (Supports natural inquiry) ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เป็นกระบวนการที่ซึ่งพัฒนาการสร้างความรู้ การเรียนรู้ และการประเมินผลที่เกิดจากการสร้างความรู้ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ

3.1 วิธีการสอนตามทฤษฎีสร้างองค์ความรู้ที่ประสบผลสำเร็จซึ่งพัฒนาโดยนักวิทยาศาสตร์ศึกษา

ประดิษฐ์ เหล่าเนตร (2547) ได้แบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ

1) การเรียนการสอนแบบค้นพบ (Discovery learning) เป็นการเรียนการสอนลักษณะเดียวกับแบบการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry method) ซึ่งมีขั้นตอนในการเรียนการสอน 5 ขั้นตอน คือ 1) การนำเข้าสู่บทเรียน กิจกรรม ประกอบด้วย การซักถามปัญหา ทบทวนความรู้เดิม กำหนดกิจกรรมที่จะเกิดขึ้นในการเรียนการสอนและเป้าหมายที่ต้องการ 2) การสำรวจ เป็นกิจกรรมที่เกี่ยวกับการทดลอง การสำรวจ การสืบค้นด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ผู้เรียนเป็นผู้ปฏิบัติเองโดยมีผู้สอนเป็นเพียงผู้แนะนำหรือผู้เริ่มต้น 3) การอธิบาย กิจกรรมประกอบด้วย การนำข้อมูล ผลการทดลองมา ร่วมกันอภิปราย 4) การลงข้อสรุป เป็นการสรุปเนื้อหาหรือข้อมูลการทดลองเพื่อให้เห็นถึงความเข้าใจ ทักษะ กระบวนการ และความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ต่างๆ ที่เกิดขึ้นจะช่วยให้ผู้เรียนมีโอกาสรปรับแนวคิดหลักของตนเองในกรณีที่ไม่

สอดคล้องกับความคิดของตนเอง และ 5) การประเมินผล เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนตรวจสอบแนวคิดหลักที่ตนเองได้เรียนรู้มาแล้ว โดยการประเมินผลด้วยตนเอง ทั้งนี้ จะรวมถึงการประเมินผลของครูต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนด้วย

2) การเรียนการสอนแบบเรียนรู้จากกลุ่ม (Cooperative learning) เป็นกระบวนการเรียนการสอนที่เกิดจากการผสมผสานระหว่างทักษะของการอยู่ร่วมกันในสังคม และทักษะในด้านเนื้อหาวิชาการต่างๆ เป็นการเรียนการสอนที่ยึดนักเรียนเป็นสำคัญ โดยจัดให้นักเรียนที่มีความสามารถต่างกันเรียนและทำงานร่วมกันกลุ่มละ 2-4 คน โดยมีจุดมุ่งหมายเดียวกันช่วยเหลือซึ่งกันและกันภายในกลุ่ม ผู้เรียนเก่งจะช่วยผู้เรียนอ่อนกว่าและต้องยอมรับซึ่งกันและกันเสมอ ความสำเร็จของกลุ่มขึ้นอยู่กับสมาชิกภายในกลุ่มโดยบทบาทของผู้สอนเป็นดังนี้

- จัดเตรียมแหล่งความรู้สำหรับนักเรียนค้นคว้า หาวัสดุอุปกรณ์ที่นักเรียนต้องใช้ร่วมกัน
- จัดเตรียมแบบฝึก (Work sheet) หรือมอบหมายงานที่ต้องทำร่วมกันในกลุ่ม
- จัดกลุ่มนักเรียนโดยเฉลี่ยความรู้ ความสามารถให้แต่ละกลุ่มใกล้เคียงกัน เช่น สมาชิกในกลุ่มมี 4 คน ควรเป็นนักเรียนเก่ง 1 คน ปานกลาง 1 คน อีกร 2 คน อาจจะเรียนอ่อนหรือค่อนข้างอ่อน และประการสำคัญที่ต้องคำนึงถึง คือ ด้านความประพฤติของนักเรียนในกลุ่ม ไม่ควรจัดให้นักเรียนที่มีความประพฤติเบี่ยงเบน หรือไม่ค่อยสนใจในการเรียนอยู่รวมกันทั้งหมด ต้องเฉลี่ยเข้ากลุ่มต่างๆ กลุ่มนี้อาจจัดเป็นกลุ่มที่ถาวรหรือเปลี่ยนไปตามความเหมาะสมก็ได้ เช่น 1 เดือนสลับปรับเปลี่ยนครั้งหนึ่ง
- ผู้สอนควรปูพื้นฐานทักษะเบื้องต้นให้นักเรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม เช่น จัดกลุ่มอย่างรวดเร็ว ทำงานกลุ่มของตนเอง ไม่รบกวนผู้อื่น ผลัดเปลี่ยนการทบทวนหน้าที่ แลกเปลี่ยนความคิดเห็น ได้ตอบ อภิปราย ยอมรับฟังความคิดเห็น มีน้ำใจ แบ่งวัสดุอุปกรณ์ใช้ร่วมกัน
- วางแผนการวัดผลและประเมินผลอย่างเป็นระบบ เช่น จากการสังเกต และการสอบถามจากผู้สอน จากแบบสำรวจตนเอง จากแบบสำรวจของกลุ่ม

วิธีการสอนแบบการเรียนรู้จากกลุ่มนั้น มีหลากหลาย ซึ่งมีวิธีหนึ่งที่นิยม คือ การเรียนแบบร่วมมือ (Cooperative learning) พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ (2548) ได้กล่าวถึงการเรียนแบบร่วมมือ (Cooperative learning) ว่า คือ การร่วมมือกันทำงานเพื่อให้บรรลุเป้าหมาย ซึ่งทุกคน

ยอมรับผิดชอบร่วมกัน และพัฒนาร่วมกันส่งผลให้ผู้ร่วมงานเกิดความพอใจ มีการกำหนดให้ผู้เรียนที่มีความสามารถต่างกันทำงานเป็นกลุ่มเล็กร่วมกัน โดยปกติมีสมาชิกในกลุ่ม 4 คน ประกอบด้วย นักเรียนที่เรียนเก่ง 1 คน เรียนปานกลาง 2 คน และเรียนอ่อน 1 คน และทุกคนในกลุ่มมีคะแนนในการปฏิบัติหน้าที่ของตนเองซึ่งมีผลต่อคะแนนกลุ่ม การทดสอบผลการเรียนของนักเรียนแบ่งออกเป็น 2 ตอน โดยตอนแรกจะพิจารณาค่าเฉลี่ยของทั้งกลุ่ม และตอนที่ 2 จะพิจารณาทดสอบเป็นรายบุคคล ในการทดสอบนักเรียนต่างคนต่างทำ ซึ่งในขณะทำกิจกรรมทุกคนต้องร่วมมือในการเรียนรู้จากกิจกรรม รับผิดชอบงานของกลุ่มร่วมกัน โดยกลุ่มจะประสบความสำเร็จได้เมื่อสมาชิกทุกคนทำตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย และบรรลุจุดมุ่งหมายเดียวกัน

นอกจากนี้ Johnson and Johnson (1994:31-32 อ้างใน ทิศนา แคมมณี, 2552: 98-100) ที่กล่าวถึงการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Cooperative learning) ซึ่งให้ความสำคัญกับความสัมพันธ์และปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนและผู้เรียน และได้กล่าวถึงองค์ประกอบสำคัญของการเรียนรู้แบบร่วมมือ 5 ประการ คือ

1) การพึ่งพาและการเกื้อกูลกัน (Positive interdependence) ต้องตระหนักเสมอว่าสมาชิกทุกคนมีความสำคัญ และความสำเร็จของกลุ่มขึ้นอยู่กับสมาชิกทุกคน และสมาชิกแต่ละคนจะประสบความสำเร็จได้เมื่อกลุ่มประสบความสำเร็จ ดังนั้นแต่ละคนต้องรับผิดชอบต่อบทบาทหน้าที่ของตนเอง และช่วยเหลือสมาชิกคนอื่นๆ ด้วย เพื่อประโยชน์ร่วมกัน การจัดกลุ่มเพื่อให้ผู้เรียนมีการพึ่งพาและเกื้อกูลกันทำได้หลายแนวทาง เช่น การให้ผู้เรียนมีเป้าหมายเดียวกัน การให้รางวัลแก่ผลงานกลุ่ม การให้งานหรือวัสดุอุปกรณ์ที่ทุกคนต้องทำหรือใช้ร่วมกัน การมอบหมายบทบาทหน้าที่ในการทำงานร่วมกันให้แต่ละคน

2) การปรึกษาหารือกันอย่างใกล้ชิด (face-to-face promotive interaction) การที่สมาชิกในกลุ่มมีการพึ่งพาช่วยเหลือเกื้อกูลกัน เป็นปัจจัยที่จะส่งเสริมให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ต่อกันและกันในทางที่ช่วยให้กลุ่มบรรลุเป้าหมาย สมาชิกในกลุ่มจะห่วงใย ไว้วางใจ ส่งเสริม และช่วยเหลือกันและกันในการทำงานต่างๆ ร่วมกัน ส่งผลให้เกิดสัมพันธภาพที่ดีต่อกัน

3) ความรับผิดชอบที่ตรวจสอบได้ของสมาชิกแต่ละคน (individual accountability) สมาชิกในกลุ่มทุกคนจะต้องมีหน้าที่รับผิดชอบ และพยายามทำงานที่ได้รับมอบหมายอย่างเต็มความสามารถ ไม่มีใครที่จะได้รับประโยชน์โดยไม่ทำหน้าที่ของตนเอง ดังนั้นกลุ่มจึงจำเป็นต้องมีระบบการตรวจสอบผลงาน ทั้งที่เป็นรายบุคคลและเป็นกลุ่ม วิธีการที่สามารถส่งเสริมให้ทุกคนได้ทำหน้าที่ของตนเองอย่างเต็มที่ที่มีหลายวิธี เช่น การจัดกลุ่มให้เล็ก เพื่อจะได้มีการเอาใจใส่กัน

และกันอย่างทั่วถึง การทดสอบเป็นรายบุคคล การสุ่มเรียกชื่อให้รายงาน ครูสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนในกลุ่ม การจัดให้กลุ่มมีผู้สังเกตการณ์ การให้ผู้เรียนสอนกันและกัน เป็นต้น

4) การใช้ทักษะการปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและทักษะการทำงานกลุ่มย่อย (interpersonal and small-group skills) การเรียนรู้แบบร่วมมือจะประสบความสำเร็จได้ ต้องอาศัยทักษะที่สำคัญหลายประการ เช่น ทักษะทางสังคม ทักษะการปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น ทักษะการทำงานกลุ่ม ทักษะการสื่อสาร และทักษะการแก้ปัญหาขัดแย้ง รวมทั้งการเคารพ ยอมรับ และไว้วางใจกันและกัน ซึ่งครูควรสอนและฝึกให้ผู้เรียนเพื่อช่วยให้ดำเนินงานไปได้

5) การวิเคราะห์กระบวนการกลุ่ม (group processing) กลุ่มการเรียนรู้แบบร่วมมือจะต้องมีการวิเคราะห์กระบวนการทำงานของกลุ่มเพื่อช่วยให้กลุ่มเกิดการเรียนรู้ และปรับปรุงการทำงานให้ดีขึ้น การวิเคราะห์กระบวนการกลุ่มครอบคลุมการวิเคราะห์เกี่ยวกับวิธีการทำงานกลุ่ม พฤติกรรมของสมาชิกกลุ่มและผลงานของกลุ่ม การวิเคราะห์การเรียนรู้นี้อาจทำโดยครู หรือผู้เรียน หรือทั้งสองฝ่าย การวิเคราะห์กระบวนการกลุ่มนี้เป็นยุทธวิธีหนึ่งที่ส่งเสริมให้สมาชิกในกลุ่มตั้งใจทำงาน

ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) ซึ่งเน้นให้ผู้เรียนเป็นผู้ปฏิบัติเองทำให้เกิดการพัฒนาและปรับแนวคิดของผู้เรียน ซึ่งผู้วิจัยคาดว่าวิธีการจัดการเรียนรู้แบบค้นพบ (Discovery learning) ที่สอดคล้องกับแนวคิดเรื่อง “ยีนและโครโมโซม” จะทำให้การพัฒนาแนวคิดของผู้เรียนเหมาะสมกับผู้เรียน

3.2 บทบาทของผู้สอนในการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

Osborn and Freyberg (1985) อ้างถึงใน วรรณทิพา รอดแรงคำ (2540) ได้กล่าวถึงบทบาทของครูในการสอนตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ดังนี้

- 1) ครู เป็น นักชักจูง กล่าวคือ ครูต้องช่วยให้นักเรียนพิจารณาในสิ่งที่ถูกต้องจากสิ่งเร้า โดยมีความหมายที่หลากหลาย และเป็นไปได้ในทางวิทยาศาสตร์
- 2) ครู เป็น นักวินิจฉัย กล่าวคือ ครูต้องค้นหาความคิดที่นักเรียนนำมาใช้ในการเรียนในระหว่างการเรียนรู้การสอน เพื่อให้นักเรียนได้แสดงความคิด และสื่อความหมายของตนเองออกมา นอกจากนี้ครูต้องทำหน้าที่เป็นผู้ฟังที่ดี
- 3) ครู เป็น ผู้ชี้แนะแนวทาง กล่าวคือ ครูต้องช่วยให้นักเรียนได้สร้างความหมาย และคำอธิบายด้วยตนเอง บทบาทนี้ช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างมี

ประสิทธิภาพ ทำทนายให้นักเรียนพิจารณาถึงความเป็นไปได้ทั้งหมดแสดงให้นักเรียนเห็นว่าจุดใดที่นักเรียนลงข้อสรุปมากเกินไปจนความเป็นจริง หรือน้อยกว่าความเป็นจริง และยังช่วยให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้เดิมที่มีอยู่แล้วกับความรู้ใหม่ เพื่อสร้างความหมายและความเข้าใจใหม่

4) ครู เป็น ผู้ที่ชอบการเปลี่ยนแปลง กล่าวคือ ครูที่ชอบหาทรัพยากรต่างๆ ที่มีในท้องถิ่น หรือสร้างขึ้นใหม่ เป็นการพัฒนาตัวครูเอง และจัดกิจกรรมการเรียนรู้ใหม่เพื่อให้นักเรียน

5) ครู เป็น นักทดลอง กล่าวคือ ครูต้องสรุปผลและประเมินนักเรียน โดยการประเมินอย่างเป็นระบบในสิ่งที่นักเรียนได้ปฏิบัติ และลองใช้กิจกรรมการเรียนรู้ใหม่ๆ

6) ครู เป็น นักวิจัย กล่าวคือ ครูได้มีโอกาสแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับผลงานการวิจัยในชั้นเรียนของตน กับครูคนอื่นๆ ในขณะที่ช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้

Brook and Brook (1993: 103-118) ได้กล่าวถึงบทบาทของ ครูในการจัดการสอนตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองไว้ดังนี้

1) ครูกระตุ้นและยอมรับความเป็นอิสระ ความคิดริเริ่มของ นักเรียนเพื่อให้ นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความคิด แนวคิด ฯลฯ ด้วยตนเอง

2) ครูใช้ข้อมูลดิบและแหล่งข้อมูลปฐมภูมิ ประกอบกับการใช้ประสาทสัมผัส การมีปฏิสัมพันธ์และใช้ของจริง เพื่อส่งเสริมให้ นักเรียนรู้เกี่ยวกับการวิเคราะห์ การสังเคราะห์และการประเมิน

3) ครูใช้คำพูดกระตุ้นให้นักเรียนคิด วิเคราะห์ จำแนก ทำนาย สร้างสรรค์ เพื่อส่งเสริมการแก้ปัญหาและความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องที่เรียน

4) ครูยินยอมให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นหรือความรู้สึกลดข้อเรียน วิธีการสอนและเนื้อหา เพื่อปรับกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับลักษณะและความต้องการของนักเรียน

5) ครูทำความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดของ นักเรียนก่อนที่จะแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับแนวคิดนั้น การที่ครูผู้สอนแสดงความคิดเห็นออกมาก่อนที่จะถามความเข้าใจของ นักเรียนอาจเป็นการจำกัดหรือยุติความคิดของนักเรียน

6) ครูควรกระตุ้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการสนทนาทั้งกับผู้สอนและผู้อื่น เพื่อให้ นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นและประนีประนอมความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องที่เรียน

7) ครูกระตุ้นให้ผู้เรียนดำเนินการสืบสอบโดยถามคำถามที่ใช้ความคิด หรือถามคำถาม ปลายเปิด เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสืบสอบของนักเรียน

8) ครูจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้มีปฏิสัมพันธ์หรือตอบสนอง และเปิดโอกาสให้ นักเรียน ได้ตรวจสอบและประเมินความเข้าใจ ความคิดของตนเอง

9) ครูจัดประสบการณ์ให้นักเรียนมีโอกาสโต้แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้และกระตุ้นให้ มีการอภิปรายเกี่ยวกับข้อโต้แย้งนั้นเพื่อส่งเสริมการคิดระดับสูงของนักเรียน

10) ครูต้องให้เวลาผู้เรียนคิด ภายหลังจากที่ถามคำถามไปแล้ว การที่ ครูต้องการ คำตอบหรือการตอบสนองจากนักเรียนในทันทีจะเป็นการยับยั้งความคิดของนักเรียน

11) ครูต้องให้เวลาแก่ นักเรียนในการสร้างความสัมพันธ์หรือเปรียบเทียบแนวคิดที่ เรียนเพื่อให้นักเรียนได้สร้างรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดต่างๆด้วยตนเอง

12) ครูควรตอบสนองต่อความอยากรู้อยากเห็นของ นักเรียน ครูอาจใช้วิธีการเรียนที่ เรียกว่า วงจรการเรียนรู้ (learning cycle) เพื่อให้ นักเรียนได้ค้นหาคำตอบเกี่ยวกับสิ่งที่ต้องการ จะรู้ด้วยตนเอง

Ernest (1995: 485) ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับบทบาทของ ครูในการจัดการสอนตาม ทฤษฎีสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองไว้ดังนี้ 1) ว่องไวในการรับรู้และวินิจฉัยความรู้เดิมของ นักเรียน 2) เลือกยุทธศาสตร์การสอนที่ช่วยแก้ไขแนวคิดคลาดเคลื่อนของ นักเรียน 3) ให้ ความสนใจต่อกระบวนการคิดและการกำกับตนเองของ นักเรียน 4) ส่งเสริมให้ นักเรียนนำ แนวคิดที่เรียนไปแล้วมาใช้ในบริบทต่างๆ 5) พิจารณาจุดมุ่งหมายในการเรียนของ นักเรียน ความแตกต่างของจุดมุ่งหมายในการเรียนและการสอน 6) พิจารณาบริบทในการเรียนรู้ของ นักเรียน เช่น ความแตกต่างของกลุ่มคน

พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ (2548: 48) ได้กล่าวถึงบทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้ตาม ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ดังนี้

1) ครูจัดการเรียนการสอนโดยให้ผู้เรียนสร้างความรู้ใหม่เอง (construction of the new knowledge)

2) ครูให้นักเรียนใช้ทักษะกระบวนการ (process skills) คือ กระบวนการคิด (thinking process) กระบวนการกลุ่ม (group process) และสร้างความรู้ด้วยตนเอง

3) ครูให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียน (participation) คือ มีส่วนทั้งด้านปัญญาร่างกาย อารมณ์ และสังคม รวมทั้งให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ (interaction) ทั้งสิ่งมีชีวิตและปฏิสัมพันธ์ กับสิ่งไม่มีชีวิต เช่น หนังสือ สถานที่ต่างๆ คอมพิวเตอร์ เป็นต้น

4) ครูสร้างบรรยากาศเอื้อต่อการเรียนรู้ ทั้งบรรยากาศทางกายภาพ และจิตใจ เพื่อให้ นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความสุข (happy learning)

5) นักเรียนมีการวัดและประเมินผลทั้งทักษะและกระบวนการ ชีตความสามารถ ศักยภาพของนักเรียนและผลสัมฤทธิ์จากการเรียนรู้ ซึ่งเป็นการประเมินตามสภาพจริง (authentic assessment)

6) ครูพัฒนาให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ (application)

เปี่ยมสุข ปรีดี (2543) ได้กล่าวถึงบทบาทของครูในการสอนตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ดังนี้ 1) ครูมีบทบาท เป็นผู้ชี้แนะ หรือผู้จัดการ เพื่อให้ให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ ไม่ใช่ผู้นำ หรือผู้ป้อนความรู้ให้แก่ นักเรียน 2) ครูต้องใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียน รู้จักคิด 3) ครูต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกันอย่างกว้างขวาง แต่อยู่ในกรอบความคิดที่ครูกำหนดไว้ และ 4) ครูต้องจัดกิจกรรมการเรียนการสอน โดยยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง

Brooks and Brooks (1993: 103-118) ได้กล่าวถึงบทบาทของครูในการจัดการเรียนการสอนตามทฤษฎีสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ไว้ดังนี้ 1) ครูเป็นผู้กระตุ้น ยอมรับ และให้อิสระ ในการตัดสินใจของผู้เรียน 2) ครูใช้ข้อมูลจากแหล่งปฐมภูมิให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง กับสื่อวัสดุจากแหล่งธรรมชาติ 3) ครูใช้วิธีการจัดประเภท การวิเคราะห์ การพยากรณ์ และสร้างสรรค์ในการวางแผนการทำงาน 4) ครูให้ผู้เรียนสามารถเลือกบทเรียน เลือกเนื้อหา และยุทธวิธีในการจัดการเรียนการสอน 5) ครูเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนได้รวมอภิปราย และแสดงความคิดเห็นทั้งต่อความคิดของครูและของเพื่อน ครูเป็นผู้กระตุ้นให้ผู้เรียน เรียนรู้ โดยการสืบเสาะ โดยครูตั้งคำถามที่ต้องใช้ความคิด และกระตุ้นให้นักเรียนเป็นผู้ตั้งคำถามซึ่ง

กันและกันครุ่นคิดเพิ่มเติม หรือความคิดที่ผู้เรียนมีเกี่ยวกับเรื่องที่เรียน 6) ครูจัดประสบการณ์ให้ผู้เรียน ซึ่งประสบการณ์นั้นอาจก่อให้เกิดความขัดแย้งกับสมมติฐานของผู้เรียน แล้วครูจึงกระตุ้นให้ผู้เรียนร่วมอภิปราย แสดงความคิดเห็น 7) ครูให้เวลากับการรอคำตอบ หลังจากตั้งคำถาม 8) ครูให้ผู้เรียนหาความสัมพันธ์ หรือเปรียบเทียบเพื่อสร้างความเข้าใจกับสิ่งที่เรียน และ 9) ครูส่งเสริมความใฝ่รู้ของผู้เรียน โดยใช้วงจรการเรียนรู้

3.3 บทบาทของผู้เรียนในการจัดการ เรียนรู้ตามทฤษฎีสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

บุปผชาติ ทัททิกรณ์ (2542:14) ได้กล่าวถึงบทบาทของผู้เรียนตามทฤษฎีสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองไว้ดังนี้ 1) ผู้เรียนมีความรับผิดชอบต่อการเรียนรู้ด้วยตนเอง ทำให้ผู้เรียนเกิดการสร้างลักษณะที่พึงประสงค์ เช่น ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ความอยากรู้อยากเห็น 2) ผู้เรียนมีการเรียนรู้ที่ซับซ้อน โดยผู้เรียนมีความรู้ใหม่เชื่อมโยงกับความรู้เดิม พร้อมกับการเรียนรู้วิธีการเรียนในรูปแบบใหม่ 3) ผู้เรียนเป็นผู้ใช้เทคโนโลยีเพื่อการเรียนรู้ เช่น ใช้ซอฟต์แวร์ประเภทโปรแกรมต่างๆ ใช้อินเทอร์เน็ตเพื่อการเข้าถึงแหล่งข้อมูลและใช้ข้อมูลร่วมกัน รวมทั้งใช้เทคโนโลยีประเภทอื่นๆ เพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ด้วยตนเอง และ 4) ผู้เรียนสามารถสร้างงานวิจัยขึ้นได้ด้วยตนเอง โดยใช้แหล่งข้อมูลที่หลากหลาย เช่น จากประสบการณ์ของนักเรียนเอง หนังสือ วีดิทัศน์ การสัมภาษณ์บุคคลและฐานข้อมูล online เป็นต้น

นอกจากนี้พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ (2548: 49) ได้กล่าวถึงบทบาทของผู้เรียนในการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ดังต่อไปนี้ 1) ผู้เรียนสร้างความรู้ (construction) รวมทั้งสร้างสิ่งประดิษฐ์ด้วยตนเอง 2) ผู้เรียนใช้ทักษะกระบวนการ (process skills) คือ กระบวนการคิด และกระบวนการกลุ่ม สร้างความรู้ด้วยตนเอง 3) ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียน (participation) และมีปฏิสัมพันธ์ (interaction) 4) ผู้เรียน เรียนรู้อย่างมีความสุข (happy learning) 5) ผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ได้ (application)

เปี่ยมสุข ปรีดี (2542) ได้อธิบายบทบาทของผู้เรียนตามแนวคิดทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ดังต่อไปนี้ 1) ผู้เรียนต้องแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง 2) ผู้เรียนจะต้องมีความกระตือรือร้น ความอยากรู้อยากเห็น อยากทดลองในการเรียน 3) ผู้เรียนมีบทบาทเป็นนักคิด โดยอาศัยประสบการณ์เดิม สติปัญญาที่มีอยู่ การมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมเป็นพื้นฐานในกระบวนการคิด และ 4) ผู้เรียนมีบทบาทเป็นศูนย์กลางในกิจกรรมการเรียนการสอน

4. กรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองในงานวิจัยนี้

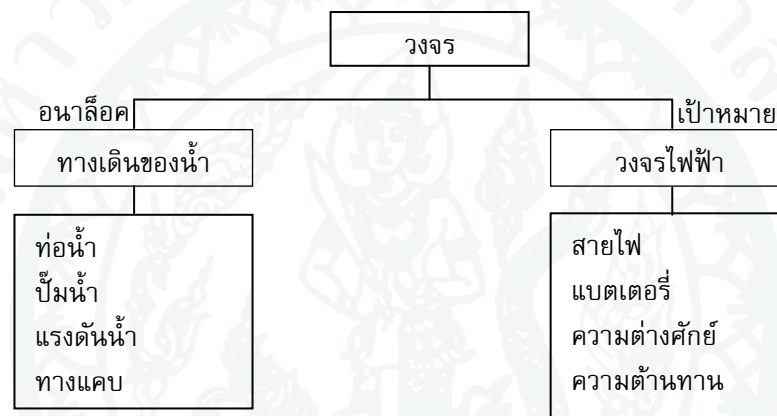
สำหรับในการวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง จึงได้สร้างกรอบแนวคิดของการ จัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองขึ้น โดยมีรายละเอียดดังนี้

- 1) การนำเอาความรู้เดิมของผู้เรียนในเรื่องที่สอนมาใช้เป็นแนวทางในการสร้างองค์ความรู้ใหม่ กล่าวคือ มีการเปรียบเทียบความรู้เดิมและความรู้ใหม่ของผู้เรียนให้เห็นถึงความแตกต่างและเชื่อมโยงความรู้ใหม่และความรู้เดิมเพื่อปรับความรู้ให้เป็นไปในทิศทางเดียวกันตามแนวคิดวิทยาศาสตร์
- 2) การให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรม กับครู หรือการมีปฏิสัมพันธ์กันเองระหว่างผู้เรียนเพื่อแสวงหาองค์ความรู้ใหม่ กล่าวคือ การจัดให้มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่มย่อยจากกิจกรรม นำเสนอในกลุ่มใหญ่พร้อมแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับครูผู้สอนและผู้เรียนกลุ่มอื่นๆ
- 3) การที่ผู้สอนมีบทบาทเป็นผู้เสนอแนะและจัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง กล่าวคือ ผู้สอนสร้างสถานการณ์และบรรยากาศที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และสร้างความรู้ขึ้นภายในตัวผู้เรียนเอง
- 4) การสร้างความหมายจากการอภิปรายแสดงความคิดเห็น กล่าวคือ การจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เปรียบเทียบประสบการณ์หรือคำอธิบายของตนเองกับผู้อื่น แล้วลงข้อสรุปคำอธิบายหรือความรู้ที่ได้รับบนพื้นฐานของข้อมูลที่น่าเชื่อถือ

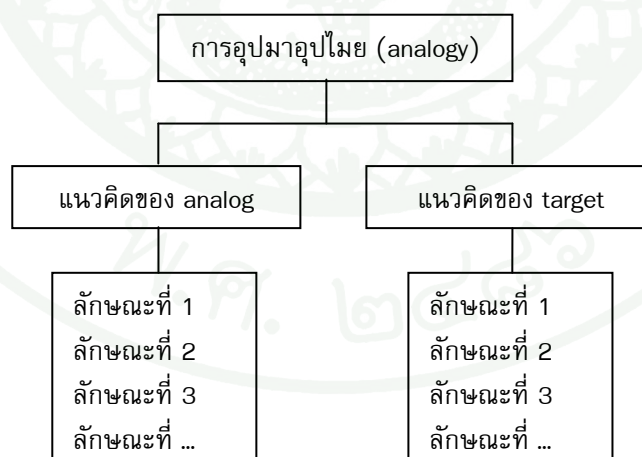
เทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย

1. ลักษณะของเทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมย(Analogy)

การสอนแบบอุปมาอุปไมยนั้น เป็นการเชื่อมโยงแนวคิด 2 แนวคิดเข้าด้วยกัน โดยมีแนวคิดที่คุ้นเคย เรียกว่า อนาล็อก (analog) และแนวคิดใหม่ที่ไม่คุ้นเคย เรียกว่า เป้าหมาย (target) โดยทั้งสองแนวคิดนั้นต้องมีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน ซึ่งต้องมีระบบในการเปรียบเทียบ มีกิริยา หรือลักษณะภายนอกระหว่าง อนาล็อก และเป้าหมาย ที่สามารถเขียนเป็นแผนผังแนวคิดได้ ดังภาพ 2.2 และ 2.3



ภาพที่ 2.2 การแสดงแนวคิดของอนาล็อก กับแนวคิดเป้าหมาย



ภาพที่ 2.3 การแสดงแนวคิดอุปมาอุปไมยของวงจรน้ำและไฟฟ้า

Harrison and Treaguast (1993) ได้กล่าวถึงลักษณะสำคัญของเทคนิคอุปมาอุปไมยไว้ 3 ลักษณะดังนี้ 1) การเลือกอนาล็อกต้องรู้จักพื้นฐานของนักเรียน จึงจะสามารถเลือกอนาล็อกที่นักเรียนสามารถเข้าใจได้ 2) การแสดงเหตุผลในการเปรียบเทียบมีการคัดกรอง

จากครูผู้สอนอย่างแม่นยำ 3) การอุปมาอุปไมยต้องถูกวิเคราะห์จำแนกถึงลักษณะที่ใช้เปรียบเทียบได้ชัดเจน 4) การอุปมาอุปไมยที่ซับซ้อนหรือมีหลายอนาล็อกต้องแสดงความเชื่อมโยงที่ละอนาล็อกก่อน เพื่อพัฒนาเชื่อมโยงไปยังแนวคิดวิทยาศาสตร์

2. การใช้เทคนิคอุปมาอุปไมย

การสอนนี้ถูกพัฒนาโดยอยู่บนพื้นฐานของงานพุทธิพิสัย โดยวิเคราะห์บทเรียน รวมทั้งกิจกรรมและการจัดห้องเรียน ซึ่งรูปแบบการสอนที่ใช้เทคนิคอุปมาอุปไมยที่นิยมมี 2 รูปแบบ ดังนี้

2.1 รูปแบบ T-W-A (Teaching-With-Analogies) ซึ่งพัฒนาโดย Glynn, Britton, Semurd-Clikeman and Muth(1989) โดยมี 6 ขั้นตอนดังนี้

- 1) แนะนำแนวคิดใหม่ที่ต้องการให้ผู้เรียนทราบ ก่อนเริ่มต้นทำกิจกรรมควรอธิบายแนะนำแนวคิดที่ต้องการให้นักเรียนทราบในกิจกรรมนี้
- 2) ช่วยให้ผู้ระลึกถึงสิ่งที่ผู้เรียนรู้เกี่ยวกับแนวคิดที่คุ้นเคย เมื่อแนะนำแนวคิดที่ต้องการให้นักเรียนรู้แล้ว ควรใช้คำถามหรือเทคนิคอื่นๆ เพื่อเชื่อมโยงไปสู่อนาล็อกที่นักเรียนคุ้นเคย
- 3) ระบุลักษณะที่คล้ายคลึงกันระหว่าง อนาล็อก และแนวคิดเป้าหมาย เมื่อนักเรียนดึงความรู้เดิมเพื่อเชื่อมโยงสู่อนาล็อกแล้ว ดึงให้นักเรียนสังเกตและระบุสิ่งที่อนาล็อกและแนวคิดเป้าหมายที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน
- 4) เชื่อมโยงระหว่างลักษณะที่เหมือนกัน อภิปรายสิ่งที่คล้ายคลึงกันในอนาล็อกใช้แทนส่วนใดในแนวคิดเป้าหมาย
- 5) รวมแนวคิดทั้ง 2 เขียนแผนผังแสดงการเปรียบเทียบลักษณะของ อนาล็อกที่ใช้แทนแนวคิดเป้าหมายเชื่อมโยงกัน
- 6) สรุปแนวคิดทั้ง 2 อีกครั้ง กล่าวคือ สรุปลักษณะของอนาล็อกที่ใช้แทนแนวคิดเป้าหมายจากแผนผังแสดงการเปรียบเทียบอีกครั้งเพื่อความเข้าใจที่ตรงกัน

2.2 รูปแบบ FAR (Focus-Action-Reflection) Guide Teaching ที่พัฒนาโดย Treagust, Harrison และ Venville (1998) ที่อ้างในชาติรี ฝ่ายคำตา(2551) ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

1) **ขั้นเน้น (Focus)** ควรเริ่มต้นพิจารณาว่าประเด็นใดมีความยากง่ายสำหรับครู และนักเรียนและตรวจสอบว่านักเรียนทราบแนวคิดเป้าหมาย และรู้จักคุ้นเคยกับอนาล็อกหรือไม่ ซึ่งเป็นขั้นที่ใช้ในการสำรวจความรู้เดิมของผู้เรียนและมีความสำคัญอย่างมาก เพราะมีผลต่อความสำเร็จในการสอนด้วยเทคนิคอุปมาอุปไมย ขั้นนี้อาจเกิดขึ้นก่อนกิจกรรมการเรียนรู้

2) **ขั้นลงมือปฏิบัติ (Action)** ในขั้นนี้ครูมีบทบาทอย่างมาก เนื่องจากต้องให้ความสำคัญกับความสนใจ และการรู้จักคุ้นเคยของนักเรียน เพื่อนำไปใช้ในการอภิปรายและเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับลักษณะของอนาล็อกกับแนวคิดเป้าหมาย และเชื่อมโยงลักษณะที่อนาล็อกเหมือน หรือคล้ายคลึงกับแนวคิดเป้าหมาย และครูต้องแสดงให้เห็นถึงข้อจำกัดของอนาล็อกที่ใช้ในการเปรียบเทียบกับแนวคิดเป้าหมาย

3) **ขั้นสะท้อนความคิด (Reflection)** ครูต้องสรุป และสะท้อนการเปรียบเทียบอนาล็อกและแนวคิดเป้าหมายให้ชัดเจน และพิจารณาว่ามีข้อควรปรับปรุงหรือไม่ ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้ทั้งระหว่างกิจกรรมการเรียนรู้ หรือหลังกิจกรรม อย่างไรก็ตามทั้งสามขั้นของ FAR Guide จะไม่แยกออกจากกันชัดเจน

3. การสอนเทคนิคอุปมาอุปไมยด้วยการใช้แบบจำลอง

การจัดการเรียนการสอน เทคนิค อุปมาอุปไมยด้วยการใช้แบบจำลอง สามารถเพิ่มความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ได้มากขึ้นจากการอธิบายจากครูผู้สอน ซึ่งแบบจำลองที่ใช้ในการอุปมาอุปไมยสามารถอธิบายแนวคิดวิทยาศาสตร์ได้ครอบคลุมมากกว่าการเรียนรู้จากการบรรยาย นอกจากนี้การจัดการเรียนการสอน ที่มีกิจกรรมการทดลอง ที่ใช้เทคนิคอุปมาอุปไมย หรือการจัดห้องเรียนโดยใช้แบบจำลอง ประกอบในกิจกรรม สามารถเพิ่มการเรียนรู้และดึงดูดความสนใจในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้อีกด้วย (Glynn, Duit and Thiele, 1995; Paris and Glynn, 2004) ในการสอนแบบอุปมาอุปไมยด้วยการใช้แบบจำลองนั้น ครูผู้สอนต้องวิเคราะห์เนื้อหาในเรื่องที่ต้องการจะสอนก่อน เพราะการใช้ เทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยนั้นอาจทำให้เกิดปัญหาแนวคิดคลาดเคลื่อนเพราะขณะที่ผู้สอนใช้เทคนิคการสอนแบบอุปมาอุปไมยด้วยการใช้แบบจำลอง ในการแสดงแนวคิด อาจทำให้ผู้เรียนเข้าใจว่าแบบจำลองนั้นมีขนาดหรือมาตราส่วนเหมือนกับของจริง (Harrison and Coll, 2008) ดังนั้นผู้สอนต้องให้ความสำคัญในการแนะนำว่าเมื่อใดหรืออย่างไรที่ นักเรียนสามารถใช้การอุปมาอุปไมยใน

แนวคิดวิทยาศาสตร์ และเมื่อใดที่ไม่ควรใช้การอุปมาอุปไมยใน แนวคิดวิทยาศาสตร์ (Duit, 1991 cited in Harrison *et al.*, 2008)

4. ข้อควรระวังในการใช้เทคนิคอุปมาอุปไมยในการสอนวิทยาศาสตร์

Harrison and Treagust (2006) กล่าวถึงการใช้เทคนิคอุปมาอุปไมยว่าเหมือนดาบสองคม มีทั้งข้อดีและข้อเสีย เพราะนอกจากช่วยทำให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้น และยังเป็นสาเหตุทำให้นักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนได้อีกด้วย หากนักเรียนตีความการเปรียบเทียบกับตนเองโดยไม่มีครูคอยแนะนำ และการใช้อุปมาอุปไมยที่ไม่มีลักษณะคล้ายคลึงกับแนวคิดเป้าหมาย

English and Halford (1995 cited in Iding, 1997) ได้ประยุกต์หลักการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ของ Gentner (1998) ด้วยเทคนิคอุปมาอุปไมยมาใช้ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และได้อธิบายข้อควรระวังในการใช้เทคนิคอุปมาอุปไมยไว้ดังนี้

1) ความชัดเจนของแหล่งที่มา โดยสิ่งที่ใช้ในการเปรียบเทียบต้องเป็นสิ่งที่ผู้เรียนเข้าใจอย่างถ่องแท้ ลักษณะที่ชัดเจนซึ่งผู้เรียนคุ้นเคยนั้นสำคัญต่อผู้สอนและผู้เขียนแบบเรียน เพราะหากอธิบายไม่สมบูรณ์หรือไม่ถูกต้องอาจนำไปสู่ความเข้าใจคลาดเคลื่อนหรือเกิดแนวคิดใหม่ได้ เช่น การเปรียบเทียบกล้องถ่ายรูปกับดวงตา หรือการเปรียบเทียบความดันน้ำกับความต่างศักย์ไฟฟ้านั้นผู้สอนควรมีความชัดเจนในขอบเขตของเนื้อหาซึ่งความรู้เดิมของผู้เรียนมีเพียงพอที่จะส่งเสริมให้มีการสร้างความรู้ใหม่ได้

2) ความชัดเจนของการทำแผนภาพ ไม่ควรมีความกำกวมในแผนภาพของการเปรียบเทียบระหว่างความรู้กับสิ่งที่ใช้ในการเปรียบเทียบ ผู้เรียนหรือผู้อ่านต้องการเห็นภาพที่ชัดเจนในการเปรียบเทียบระหว่างความรู้กับสิ่งที่ใช้ในการเปรียบเทียบ แผนภาพในการเปรียบเทียบเป็นทางหนึ่งในการประสบความสำเร็จในห้องเรียนทำให้ผู้เรียนเชื่อมโยงอุปมาอุปไมยกับเนื้อหาที่เรียน

3) หลักการของการเชื่อมโยงแนวคิด ความสัมพันธ์ของแผนภาพเปรียบเทียบควรจัดโครงสร้างแนวคิดที่เชื่อมโยงตามลำดับโครงสร้างที่สูงกว่า แต่มีเพียงบางความสัมพันธ์เท่านั้นที่เหมาะสมในการเชื่อมโยงตามลำดับโครงสร้างที่สูงกว่า เช่น การพิจารณาการเปรียบเทียบระหว่างกล้องถ่ายรูปและดวงตานั้นสีของชั้นสเกลรา และไอริสไม่ต้องทำแผนภาพเพราะไม่เหมาะสมกับโครงสร้างแนวคิดของการเปรียบเทียบนี้

Glynn (1994) ได้แนะนำการใช้เทคนิคอุปมาอุปไมยของครูผู้สอนในการเปรียบเทียบ อнали็อคและแนวคิดเป้าหมายต้องใช้อย่างเป็นระบบ หากทำอย่างไม่เป็นระบบอาจส่งผลทำให้นักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนได้

นอกจากนี้ Brown and Salter (2010) ยังได้แนะนำในการเลือกอнали็อคที่ดีเพื่อใช้กับเทคนิคอุปมาอุปไมยไว้ดังนี้ อнали็อคที่ดีควรมีลักษณะ 1) ไม่ซับซ้อน 2) ง่ายต่อการจดจำ 3) เป็นสิ่งที่คุ้นเคย

แต่อย่างไรก็ตามอнали็อคก็มีข้อจำกัด และ Brown and Salter (2010) ยังให้ข้อแนะนำในการใช้เทคนิคอุปมาอุปไมยไว้ดังนี้ 1) การใช้เทคนิคอุปมาอุปไมยควรใช้กับแนวคิดเป้าหมายที่สามารถทำให้นักเรียนประหลาดใจและจดจำได้ 2) เทคนิคอุปมาอุปไมยควรใช้อย่างมีประสิทธิภาพ 3) สิ่งที่ใช้เป็นอнали็อคนั้นต้องมีการเปรียบเทียบที่ชัดเจนกับแนวคิดเป้าหมาย และต้องมีการอธิบายข้อจำกัดของอнали็อค 4) หากนักเรียนไม่มีความเข้าใจแนวคิดเป้าหมาย และไม่รู้จักอнали็อคแล้ว นักเรียนจะไม่สามารถเชื่อมโยงแนวคิดเป้าหมายกับอнали็อคได้ในกิจกรรมการเรียนรู้

Glynn, Britton, Semrud-Clikeman (1989 cited in Iding, 1997) ได้สร้างเกณฑ์ในการบ่งบอกถึงลักษณะของการอุปมาอุปไมยที่ดีนั้นว่า การอุปมาอุปไมยที่ดีนั้นต้องมีลักษณะที่หลากหลายซึ่งสร้างเป็นแผนภาพได้ แม้ว่าบางกรณีนั้นมีลักษณะบางอย่างเพียงเล็กน้อยก็เพียงพอกับการเปรียบเทียบซึ่งสามารถเขียนแผนภาพได้โดยไม่เกิดความสับสน นอกจากนี้ Halpem, D. F., Hansen and Riefer (1990) ยังพบว่าการเปรียบเทียบในกลุ่มที่ต่างกัน ไม่เกี่ยวข้องกันได้ผลดีกว่า เช่น ระบบท่อน้ำเหลืองเปรียบเทียบกับการเคลื่อนที่ในน้ำของหมึกทำให้ผู้เรียนเข้าใจได้มากกว่าเปรียบเทียบกับแรงดันเลือดในเส้นเลือดเวน

Brown and Clement (1989 อ้างใน สมฤทัย สังขคราม , 2553) ได้กล่าวว่า การใช้เทคนิคอุปมาอุปไมยกับแนวคิดที่มีรายละเอียดมาก และมีความซับซ้อนกับอнали็อคทำให้นักเรียนเข้าใจได้ยาก จึงต้องเปรียบเทียบที่ละอнали็อค ทีละขั้นตอนจะทำให้นักเรียนเข้าใจความสัมพันธ์ต่อเนื่องทีละขั้นตอน แต่วิธีนี้มักหาสิ่งที่นำมาเป็นอнали็อคได้ยาก

Harrison and Treagust (2006) ได้ศึกษาความใจของนักเรียนที่เรียนด้วยเทคนิคอุปมาอุปไมยพบว่าแนวคิดที่เป็นนามธรรมจะเข้าใจยาก นอกจากนี้ยังมีลักษณะเป็นกระบวนการซับซ้อนไม่เหมาะสมกับการใช้เทคนิคอุปมาอุปไมย เช่น โมเลกุล การแพร่ และการเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลก อีกทั้งการที่มีหลายแนวคิดเป้าหมายและใช้หลายอнали็อค เช่น

เรื่อง การออกซิเดชัน -รีดักชัน ยังพบปัญหาจำนวนมากในการจัดการเรียนรู้ (Garnett and Treagust (1992)

5. เทคนิคอุปมาอุปไมยกับการส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

Glynn *et al.* (1995) ได้กล่าวถึงการใช้เทคนิคอุปมาอุปไมยในการจัดการเรียนรู้สามารถใช้สิ่งที่มีอยู่ในวัฒนธรรม ชีวิตประจำวันในการอธิบายแนวคิดวิทยาศาสตร์ และช่วยให้นักเรียนได้เชื่อมโยงไปสู่ความรู้ใหม่ๆ เทคนิคอุปมาอุปไมยยังช่วยให้นักเรียนเรียนรู้แนวคิดที่มีลักษณะเป็นนามธรรม โดยเชื่อมโยงกับประสบการณ์เดิม (Genter, 1998) และกระตุ้นความสนใจของนักเรียนในกิจกรรมการเรียนรู้ (Treagust, Harrison and Venville, 1998) นอกจากนี้ Duit (1991) เชื่อว่าเทคนิคอุปมาอุปไมยช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้จากการมองเห็นแนวคิดที่เป็นนามธรรม โดยการเปรียบเทียบสิ่งที่นักเรียนคุ้นเคยในความเป็นจริงโลกของพวกเขา เชื่อมโยงกับแนวคิดใหม่ และเพิ่มการกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน

ในการอธิบายแนวคิด บางครั้งนักวิทยาศาสตร์ใช้การอุปมาอุปไมยในการอธิบายแนวคิดด้วยเช่นกัน ตัวอย่างเช่น Huygens ใช้การอุปมาอุปไมยในการอธิบายพฤติกรรมของแสงเปรียบเทียบกับคลื่นของน้ำ Kekule อธิบายลักษณะวงแหวนเบนซีนเปรียบเทียบกับบั้งที่กำลังกัดหางตนเอง (Harrison and Treagust, 2006) และ Kelper นักดาราศาสตร์ชื่อดังใช้การอุปมาอุปไมยในการอธิบายหลักการต่างๆ เช่น การเปรียบเทียบแสงกับพลังงานกระตุ้น และยังสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายหลักการเหล่านั้น (Benter and Brem, 1997)

Oliva (2005) ได้ศึกษาการใช้เทคนิคอุปมาอุปไมยที่นิยมในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ของครูในประเทศสเปน และหนังสือแบบเรียน ในวิชาฟิสิกส์มักใช้เทคนิคอุปมาอุปไมยในเรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรงกับวงจรไฮดรอลิก (Glynn, Taasobshirazi and Fowler, 2007) การสะท้อนกลับของแสงกับล้อรถที่เดินทางผ่านพื้นที่แข็งและอ่อนแทนตัวกลางของแสง (Harrison and Treagust, 1993) คลื่นแสงกับคลื่นน้ำ (Harrison and Treagust, 1993) ในวิชาเคมีในเรื่อง อะตอมกับแบบจำลองระบบสุริยะ การชนกันในปฏิกิริยาเคมีกับการชนกันของลูกบิลเลียด พลังงานที่ถูกกระตุ้นในปฏิกิริยาเคมีกับแบบจำลองการกระโดดบันได ในวิชาชีววิทยา เรื่อง หัวใจกับตัวปั๊มไฮดรอลิกการทำงานของตากับการทำงานของกล้องถ่ายรูป (Glynn *et al.*, 1995) หน้าที่และออร์แกเนลในเซลล์กับหน้าที่ของฝ่ายต่างๆ ในโรงงาน (Glynn, Taasobshirazi and Fowler, 2007) พบว่าครูมีแนวทางเดียวกันในการใช้เทคนิคอุปมาอุปไมยโดยการให้ความสำคัญกับความรู้เดิม ซึ่งส่งผลต่อการเรียนรู้ และสิ่งที่เกี่ยวข้องในการใช้เทคนิคอุปมาอุปไมยอย่างมากคือการอภิปราย

ในวิชาชีพวิทยายังมีการใช้แบบจำลองเลโก้ในการจัดการเรียนการสอนเรื่อง ลำดับของ ยีน (gene sequencing) และเทคโนโลยีชีวภาพ (biotechnology) (Rothhaar, Pittendrigh and Orvis, 2006) ด้วยรูปแบบที่เรียกว่า GAME (The Genomic Analogy Model for Educator exercises) ซึ่งมี 3 แหล่งข้อมูลคือ ซีดีรอม เว็บไซต์ และแบบฝึกหัดจากการทำกิจกรรม และ รูปแบบ LAM (Lego Analogy Model) ซึ่งใช้ตัวต่อเลโก้ในกิจกรรม กับนักเรียนมัธยมศึกษา ตอนปลาย พบว่ารูปแบบดังกล่าวสามารถพัฒนาแนวคิดได้

ในประเทศไทยมีผู้ใช้เทคนิคอุปมาอุปไมยในการพัฒนาแนวคิด ในวิชาเคมี ด้วยเช่นกัน สมฤทัย สังขมคราม (2553) ได้ศึกษามโนทัศน์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พันธะ เคมี โดยใช้เทคนิคอุปมาอุปไมย พบว่านักเรียนมีความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น และได้แนะนำการจัดการเรียนรู้ให้ประสบความสำเร็จว่า ครูผู้สอนต้องมีการวางแผน คำหนึ่งถึง ความรู้เดิมของผู้เรียน จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่น่าสนใจ เน้นการอภิปรายเปรียบเทียบความ เหมือนและความแตกต่างของอนุลลอคกับแนวคิดเป้าหมาย และเลือกอนุลลอคที่นักเรียน ค้นเคย นอกจากนี้ วิทยา ภาชีน (2553) ได้ศึกษาแนวคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง สมดุลเคมี โดยใช้เทคนิคอุปมาอุปไมย พบว่านักเรียนยังคงมีแนวคิดคลาดเคลื่อน เนื่องจากนักเรียนไม่มีแนวคิดพื้นฐาน ไม่ค้นเคยกับอนุลลอค และไม่ตระหนักถึงการ เปรียบเทียบสิ่งที่เหมือนและแตกต่างกัน ของอนุลลอคและแนวคิดเป้าหมาย

แนวคิด

แนวคิดเป็นคำศัพท์ที่ราชบัณฑิตยสถาน (2542) บัญญัติใช้แทนคำภาษาอังกฤษว่า “concept” ซึ่งมาจากภาษาละตินว่า conceptus หรือ concipere (conceive) หมายถึง การคิดถึงหรือจินตนาการถึงบางสิ่ง การเกิดแนวคิดหรือเกิดความเข้าใจต่อเรื่องใดเรื่องหนึ่งใน ความคิดของมนุษย์ (เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ , 2549: 2) ซึ่งในทางการศึกษาได้มีการให้ ความหมายของแนวคิดไว้ดังนี้

สุรางค์ โค้วตระกูล (2550: 303) ได้ให้ความหมายของแนวคิดว่าเป็นนามธรรมใช้ แทนสัณฐาน วัตถุ สิ่งของที่ได้จัดไว้ในจำพวกเดียวกัน โดยมีการถือเอาลักษณะ (Attribute) ที่สำคัญ เป็นเกณฑ์ ตัวอย่างเช่น คำว่า “นก” เป็นคำที่ใช้แทนสัตว์จำพวกหนึ่งที่มีลักษณะสำคัญ 3 อย่าง คือ สัตว์นั้นต้องมีปีก มีขนและบินได้

สุวัฒน์ นิยมคำ (2531) ได้ให้ความหมายของแนวคิดว่าเป็นรูปแบบของความรู้ซึ่งเกิด จากการจัดกลุ่ม หรือจัดประเภทของสิ่งที่ได้จากการสังเกตหลายๆ อย่างเข้าด้วยกัน เป็น ความคิดโดยสรุป เป็นจินตนาการที่เกิดในใจเป็นจุดสำคัญ คุณสมบัติหรือลักษณะเฉพาะสิ่งนั้น

เอกรัตน์ ศรีตัญญู , อีราพร อนันตะเศรษฐกุล และนฤมล ยุตาคม (2552) ให้ความหมายของแนวคิดไว้ว่า หมายถึง คำอธิบายของแต่ละบุคคลเกี่ยวกับวัตถุ หรือปรากฏการณ์ต่างๆ

พิศเนตร อุทัยไชย (2553) ได้ให้ความหมายของแนวคิดไว้ คือ ความเข้าใจของบุคคลที่สรุปรวมเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง หรือเรื่องใดเรื่องหนึ่ง โดยอาศัยประสบการณ์เดิม และคุณสมบัติร่วมของสิ่งนั้นมาประมวลเข้าด้วยกันให้เป็นข้อสรุป หรือคำจำกัดความของสิ่งนั้น

จากการให้ความหมายของคำว่า แนวคิด จากการศึกษาพบว่า พอจะสรุปได้ว่า แนวคิด หมายถึงความเข้าใจของบุคคลเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่มีประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้น โดยใช้คุณสมบัติที่มีร่วมกันและต่างกันประมวลเป็นข้อสรุป

1. ความหมายของแนวคิดวิทยาศาสตร์

วรรณทิพา รอดแรงคำ (2540) ให้ความหมายของแนวคิดวิทยาศาสตร์ไว้ว่า เป็นความคิดที่คนเรามีต่อสิ่งหนึ่งสิ่งใดซึ่งช่วยให้เข้าใจวัตถุหรือปรากฏการณ์ โดยความเข้าใจดังกล่าวอาจแตกต่างกันไปในแต่ละบุคคล

ไพโรจน์ เต็มชาติวงศ์ (2550) ได้ให้ความหมายของแนวคิดวิทยาศาสตร์ไว้ คือ ความคิด ความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่งในทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นข้อสรุปซึ่งนักวิทยาศาสตร์เห็นร่วมกัน

เอกรัตน์ ศรีตัญญู และคณะ (2552) ให้ความหมายแนวคิดวิทยาศาสตร์ไว้ คือ คำอธิบายของบุคคลเกี่ยวกับวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่างๆ ซึ่งสอดคล้องกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับของนักวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน

ศิริวรรณ ศรีวรรณวงศ์ (2553) ให้ความหมายแนวคิดวิทยาศาสตร์ไว้ คือ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ประเภทหนึ่ง ที่เกิดจากความคิด ความเข้าใจ ของกลุ่มนักวิทยาศาสตร์ที่สรุปต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง หรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งในวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ได้ลงความเห็นร่วมกัน

จากการศึกษาความหมายของแนวคิดวิทยาศาสตร์ พอสรุปได้ว่า แนวคิดวิทยาศาสตร์ คือ ความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่ง ๆ หนึ่ง ซึ่งเป็นที่ยอมรับในสังคมของนักวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน

2. ประเภทแนวคิดวิทยาศาสตร์

การจัดประเภทแนวคิดวิทยาศาสตร์ มีผู้วิจัยที่ได้ทำการศึกษาแนวคิดและจัดจำแนกแนวคิดออกเป็นหลายประเภท อันได้แก่

Haidar and Abraham (1991) และ Marek et al.(1990) อ้างอิงในทัศนียา รัตนฤทัย และคณะ (2549) จำแนกแนวคิดออกเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

1) แนวคิดวิทยาศาสตร์ (Scientific Conception: S) หมายถึง คำตอบที่แสดงแนวคิดวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้อง

2) แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (Partial Understanding: P) หมายถึง คำตอบแสดงแนวคิดวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องบางส่วนและไม่มีส่วนใดผิด

3) แนวคิดคลาดเคลื่อน (Alternative Conception: A) หมายถึง คำตอบที่แสดงแนวคิดได้ไม่ถูกต้อง หรือบางส่วนถูกบางส่วนผิด

4) ไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (No Conception: N) หมายถึง คำตอบที่ไม่แสดงแนวคิดวิทยาศาสตร์ หรือไม่ตอบคำถาม

นอกจากนี้ผู้วิจัยที่ศึกษาแนวคิดวิทยาศาสตร์ยังจัดจำแนกแนวคิดออกเป็น 5 กลุ่ม อันได้แก่ Westbrook and Marek (1992) Simpson and Marek (1988: 361-374) Haidar (1997) และอาทิยา จิตรเอื้อเพื่อ และคณะ (2553) ดังรายละเอียดด้านล่าง

Haidar (1997) อ้างอิงในเอกรัตน์ ศรีตรัยบุญ และคณะ (2552) ได้จำแนกแนวคิดออกเป็น 5 กลุ่มแนวคิด ดังนี้

1) กลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์ (Scientific Understanding: SU) หมายถึง คำตอบที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันครบทุกแนวคิด

2) กลุ่มที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU) หมายถึง คำตอบที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์อย่างน้อยหนึ่งแนวคิด แต่ไม่มีส่วนผิด

3) แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Misunderstanding, PU&MU) หมายถึง คำตอบที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ปัจจุบันบางส่วนและมีบางส่วนที่ไม่สอดคล้อง

4) แนวคิดคลาดเคลื่อน (Misunderstanding: MU) หมายถึง คำตอบที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน

5) ไม่มีคำตอบ หรือตอบไม่เข้าใจ (No Understanding: NU) หมายถึง ไม่ตอบคำถามตอบว่าไม่เข้าใจ หรือจำไม่ได้

อาทิตยา จิตรเอื้อเพื่อ และคณะ (2553) ได้จัดกลุ่มแนวคิดแบบ 5 กลุ่มโดยดัดแปลงมาจากแนวคิดของ Haidar (1997) คือ

1) กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific Conception: SC) หมายถึง แนวคิดที่แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ทั้งหมด

2) กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (Partial Conception: PC) หมายถึง แนวคิดที่อย่างน้อย หนึ่งองค์ประกอบเป็นไปตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ ส่วนประกอบอื่นๆ ไม่กล่าวถึง

3) กลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Conception & Complete Misconception: PC&CM) หมายถึง คำตอบที่บางองค์ประกอบมีแนวคิดถูกต้องตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ และบางองค์ประกอบมีแนวคิดไม่ถูกต้องตามแนวคิดวิทยาศาสตร์

4) กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (Complete Misconception: CM) หมายถึง คำตอบที่อธิบายเกี่ยวข้องกับเรื่องที่ถามแต่ไม่ถูกต้องตามแนวคิดวิทยาศาสตร์

5.) กลุ่มที่ไม่มีแนวคิด (No Response: NR) หมายถึง คำตอบที่อธิบายไม่เกี่ยวข้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ในเรื่องที่ถาม หรือตอบว่าไม่ทราบ

Westbrook and Marek (1992) อ้างอิงใน พิศเนตร อุทัยไชย (2553) ได้จัดกลุ่มแนวคิดออกเป็น 5 กลุ่ม ดังนี้

1) แนวคิดสมบูรณ์ (Complete Understanding: CU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกต้อง และตรงตามทฤษฎีของนักวิทยาศาสตร์ทั้งหมด

2) แนวคิดสมบูรณ์บางส่วน (Partial Understanding: PU) หมายถึง คำตอบของนักเรียน มีแนวคิดสอดคล้องกับแนวคิดสมบูรณ์ ซึ่งคำตอบจะไม่ครบถ้วนทั้งหมด แต่จะไม่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนปรากฏอยู่ในคำตอบของนักเรียน

3) แนวคิดไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding and with Specific Misconception: PS) หมายถึง คำตอบของนักเรียนส่วนหนึ่งมีแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดสมบูรณ์อยู่ แต่มีแนวคิดอีกส่วนหนึ่งที่คลาดเคลื่อนปรากฏอยู่ในคำตอบของนักเรียน

4) แนวคิดคลาดเคลื่อน (Specific Misconception: SM) หมายถึง คำตอบของนักเรียนเป็นแนวคิดที่ไม่ถูกต้องทั้งหมด แสดงความไม่เป็นเหตุเป็นผลกัน รวมทั้งไม่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

5) ไม่มีแนวคิด (No Understand: N) หมายถึง นักเรียนไม่ตอบคำถาม ทวนคำถาม หรือตอบว่าไม่รู้

Simpson and Marek (1988: 361-374) อ้างอิงในพงศ์ประพันธ์ พงศ์โสภณ และคณะ (2546) และอุษา นาคทอง (2550) ได้จำแนกแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ไว้ 5 แบบ ตามระดับความสอดคล้องกับแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1) แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (Sound Understanding: SU) หมายถึง ผู้เรียนมีแนวคิดสอดคล้องกับแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ทุกองค์ประกอบ

2) แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU) หมายถึง ผู้เรียนมีแนวคิดสอดคล้องกับแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์อย่างน้อย 1 องค์ประกอบ

3) แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial understanding and Misunderstanding: PU & MU) หมายถึง ผู้เรียนมีแนวคิดสอดคล้องกับแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์อย่างน้อย 1 องค์ประกอบ แต่ผู้เรียนได้แสดงข้อความที่บ่งชี้แนวคิดที่คลาดเคลื่อนจากแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์

4) แนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (Complete Misunderstanding: CM) หมายถึง ผู้เรียนที่มีแนวคิดไม่สอดคล้องกับแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์

5) ไม่ตอบคำถาม (Without Answer: WA) หมายถึง ผู้เรียนไม่ตอบคำถามใดๆ หรือไม่อธิบายคำตอบ หรือตอบในลักษณะทวนคำถาม หรือไม่ตรงประเด็น

Mungsing (2003 อ้างใน ศิริวรรณ ศรีวรรณวงศ์ , 2553) ได้ใช้เกณฑ์การให้ตามลำดับความเข้าใจแนวคิดเป็น 5 ระดับ ดังนี้

1) ความเข้าใจแนวคิดในระดับสมบูรณ์ (Complete Understanding: CU) หมายถึง คำตอบที่ถูกต้องและการให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ ครบองค์ประกอบที่สำคัญแต่ละแนวคิด ให้ 3 คะแนน

2) ความเข้าใจแนวคิดในระดับที่ต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU) หมายถึง คำตอบถูกบางส่วนและการให้เหตุผลถูก แต่ขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน ให้ 2 คะแนน

3) ความเข้าใจแนวคิดในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Alternative Conception: PS) หมายถึง คำตอบถูกต้องบางส่วน แต่บางส่วนแสดง ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน หรือเลือกคำตอบถูก แต่ไม่อธิบายคำตอบ ให้ 1 คะแนน

4) ความเข้าใจแนวคิดในระดับที่คลาดเคลื่อน (Alternative Understanding: AC) หมายถึง คำตอบแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนทั้งหมด ให้ 0 คะแนน

5) ความไม่เข้าใจ (No Understanding: NU) หมายถึง คำตอบไม่ตรงกับคำถาม หรือไม่ตอบคำถาม 0 คะแนน

ในการศึกษาเกี่ยวกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ มัก มีคำที่ใช้เรียกแนวคิดของนักเรียนที่แตกต่างกัน อาทิเช่น แนวคิดที่ คลาดเคลื่อน (Misconceptions) (Barker and Millar, 2000) แนวคิดทางเลือก (Alternative conceptions) (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2551) แนวคิดคลาดเคลื่อน (Complete Misunderstanding) (พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ , 2546) สำหรับในงานวิจัยนี้ใช้คำว่า “แนวคิดคลาดเคลื่อน” และผู้วิจัยได้เลือกใช้เกณฑ์การจัดกลุ่มออกเป็น 5 กลุ่ม ตามเกณฑ์ของ อาทิตยา จิตรเอื้อเพื่อ และคณะ (2553) ที่ปรับปรุงมาจาก Haidar (1997) เนื่องจากสามารถแบ่งระดับแนวคิดได้ชัดเจน ในทุกกรณี เพื่อความชัดเจนและสะดวกในการวิเคราะห์

3. การพัฒนาแนวคิด

การพัฒนาและปรับแนวคิดนั้น คือ กระบวนการปรับความรู้เดิมให้สอดคล้องกับความรู้ใหม่ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) ของเพียเจต์ (บุพชาติ ทัพทิกธน์, 2551) โดยมีผู้กล่าวถึงการพัฒนาและปรับแนวคิดได้โดยมีเงื่อนไข 4 ประการ (Posner et al., 1982) คือ 1) ผู้เรียนจะต้องไม่พอใจในความรู้เดิม เห็นว่าความรู้เดิมไม่สามารถอธิบาย หรือแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ต้องการได้ (Dissatisfaction) 2) ผู้เรียนจะต้องมีความเข้าใจความรู้ใหม่ (Intelligibility) 3) ผู้เรียนจะต้องเห็นว่าความรู้ใหม่มีประโยชน์สามารถช่วยในการแก้ปัญหาที่ต้องการได้ (Plausibility) 4) ผู้เรียนต้องสามารถนำความรู้ใหม่ไปใช้ในการแก้ปัญหาหรืออธิบายสถานการณ์ที่แนวคิดเดิมของนักเรียนไม่สามารถแก้ปัญหาหรืออธิบายได้

การจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาและปรับแนวคิดนั้นไม่ใช่การบ่อนหรือบังคับให้ผู้เรียนยอมรับความรู้ แต่ต้องช่วยให้ผู้เรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ขึ้นมาด้วยตนเอง โดยการปรับความรู้เดิมให้สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (Hawson, 1992) Stephans (1994) ได้เสนอการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาแนวคิด โดยมีกระบวนการสำคัญ 5 ขั้นตอน ดังนี้

1) ผู้เรียนระบุแนวคิดที่มีก่อนเรียน (Express Ideas) ครูต้องกระตุ้นให้นักเรียนระลึกถึงความรู้และประสบการณ์เดิมของตนเองที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดนั้น โดยอาจยกสถานการณ์ที่น่าสนใจที่กำลังเกิดขึ้นในปัจจุบันหรือสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อให้นักเรียนได้ระบุหรือแสดงแนวคิดเดิมของตนเอง

2) ผู้เรียนแลกเปลี่ยนแนวคิดที่มีก่อนเรียน (Share Ideas) ครูต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนแบ่งปัน บอกเล่าแนวคิดก่อนเรียนให้เพื่อนที่อยู่ข้างๆ และเพื่อนในห้องเรียน เพื่อแลกเปลี่ยนแนวคิดของตนเองร่วมกัน โดยอาจให้นักเรียนได้นำเสนอแนวคิดของตนเองหน้าชั้นเรียนและอภิปรายแนวคิดของตนเองร่วมกับผู้อื่น

3) ผู้เรียนทดสอบแนวคิดที่มีก่อนเรียน (Challenge Ideas) ครูต้องจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้ทดสอบแนวคิดที่มีก่อนเรียน โดยกิจกรรมนั้นๆ จะต้องให้นักเรียนมีโอกาสคิด ลงมือปฏิบัติให้ได้ข้อมูลเพียงพอต่อการสรุปและเกิดความเข้าใจอย่างถ่องแท้ เช่น การทดลอง การสาธิต ศึกษาจากแหล่งเรียนรู้หรือสถานการณ์จำลอง ศึกษาจากเอกสารหรืออินเทอร์เน็ต เป็นต้น

4) ผู้เรียนปรับหรือยอมรับแนวคิด (Accommodate Ideas) ครูต้องกระตุ้น ชักถาม หรือจัดกิจกรรมให้นักเรียนวิเคราะห์ พิจารณาแนวคิดเดิมที่มีก่อนเรียน เปรียบเทียบแนวคิดที่ได้จากการจัดกิจกรรม สิ่งใดที่เหมือนกันหรือต่างกัน แปลความหมายและสรุปเป็นแนวคิดใหม่ พร้อมทั้งเปิดโอกาสให้นักเรียนนำเสนอแนวคิดใหม่ของตนเองและอภิปรายแนวคิดใหม่ที่ได้กับเพื่อน ๆ

5) นักเรียนนำแนวคิดใหม่ไปใช้ (Apply Ideas) ครูต้องกระตุ้น ชักถามและเปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำแนวคิดใหม่ที่ได้ไปใช้อภิปรายแก้ปัญหาในสถานการณ์อื่นๆ โดยเฉพาะสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน หากนักเรียนสามารถนำความรู้ใหม่ที่ได้ไปอธิบายหรือแก้ปัญหาสถานการณ์ต่างๆ ได้มาก ก็แสดงให้เห็นว่าความรู้ใหม่นั้นมีประโยชน์ ทำให้นักเรียนเกิดการยอมรับและเกิดการเรียนรู้ได้เป็นอย่างดี

นักการศึกษาได้แนะนำเทคนิคการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาแนวคิดไว้หลายวิธีดังนี้

1) แผนผังมโนทัศน์ (Concept Maps) ช่วยเชื่อมโยงความรู้เดิมและความรู้ใหม่เข้าด้วยกัน แล้วทำให้ผู้เรียนแสดงความเข้าใจในการเชื่อมโยงแนวคิดนั้นออกมา ดังนั้นแผนผังมโนทัศน์จึงช่วยแก้ปัญหาการแยกแนวคิดย่อยๆ ออกจากกันในวิชาชีววิทยา นอกจากนี้แผนผังมโนทัศน์ยังมีประโยชน์ในการวิเคราะห์แนวคิดคลาดเคลื่อนของผู้เรียนและทำให้การเรียนรู้ชีววิทยาง่ายขึ้นด้วย

2) ความคิดรวบยอด (Conceptual Change Text) เป็นเทคนิคการจัดการเรียนการสอนใช้ในขณะกำลังให้ความสำคัญของเนื้อหา ความคิดรวบยอดนี้ทำให้ผู้เรียนตระหนักถึงแนวคิดคลาดเคลื่อนและยอมรับแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ ดังนั้นความคิดรวบยอดนี้จึงใช้ในการพัฒนาและปรับแนวคิดคลาดเคลื่อนด้วยมุมมองทางวิทยาศาสตร์ และใช้ในการสอนแนวคิดที่เน้นความสำคัญให้แก่ผู้เรียน ความคิดรวบยอดนั้นเริ่มจากการทบทวนแนวคิดคลาดเคลื่อนซึ่งเป็นผลมาจากการเรียนรู้ที่ผิด จากนั้นเข้าไปสู่การพัฒนาแนวคิดของผู้เรียน เทคนิคนี้ช่วยให้ครูวิเคราะห์แนวคิดของผู้เรียนและช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจแนวคิดทางชีววิทยาอีกด้วย

3) การอุปมาอุปไมย (Analogy) เป็นเครื่องมือในการจัดการเรียนการสอนจากสิ่งที่ใช้ในการเปรียบเทียบเพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจแนวคิดใหม่ การเปรียบเทียบนั้นอาจใช้แบบจำลอง ซึ่งสามารถส่งข้อมูลและอธิบายเช่นเดียวกับครูชำนาญได้ เช่น แบบจำลองอะตอมและโมเลกุล (Harrison and Treagust, 2000) การสอนด้วยเทคนิคอุปมาอุปไมยนั้นเป็นการเริ่มต้นในการสร้างภาพในความคิดอย่างมีขอบเขต ซึ่งสามารถทำให้ผู้เรียนเข้าใจในแนวคิดที่ซับซ้อนได้ นอกจากนี้ยังช่วยให้ความรู้ของผู้เรียนคงทนอยู่ได้ (Glynn, 2007 B)

จากการศึกษาผู้วิจัยจึงเลือกการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาแนวคิดเรื่อง “ยีนและโครโมโซม” ในวิชาชีววิทยาซึ่งมีความซับซ้อน ตามแนวทฤษฎีสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) โดยวิธีการจัดการเรียนการสอนแบบค้นพบ (Discovery learning) และกระบวนการของ Stephans มี 5 ขั้นตอนนั้นต้องจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่หลากหลาย มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม ได้ลงมือปฏิบัติ ร่วมกับเทคนิคการอุปมาอุปไมย (Analogy) โดยใช้แบบจำลอง (Model) ปรับให้สอดคล้องกับผู้เรียน เนื้อหา และเวลา เพื่อพัฒนาแนวคิดของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4. วิธีการตรวจสอบแนวคิด

วิธีการตรวจสอบแนวคิดทำได้หลายวิธี เช่น การใช้แบบสำรวจ การใช้ผังความคิด หรือการสัมภาษณ์ โดยให้นักเรียนบอกเหตุผลในการตอบคำถามต่างๆ เพื่อเป็นการตรวจสอบว่าแนวคิดที่มีมาก่อนนั้นเป็นแนวคิดที่ถูกต้อง แนวคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ แนวคิด คลาดเคลื่อน หรือไม่มีแนวคิด เนื่องจากบางครั้งการที่นักเรียนตอบคำถามนั้น อาจจะเป็นคำตอบที่ครูไม่สามารถตัดสินได้ว่าเป็นคำตอบที่เป็นแนวคิดถูกต้อง แนวคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ แนวคิด คลาดเคลื่อน หรือไม่มีแนวคิด การสัมภาษณ์เกี่ยวกับแนวคิด (interview about concept) นอกจากนี้ยังใช้การวาดรูป (drawing) และแผนผังแนวคิด (concept mapping) ได้เช่นกัน โดยแต่ละวิธีมีรายละเอียดดังนี้

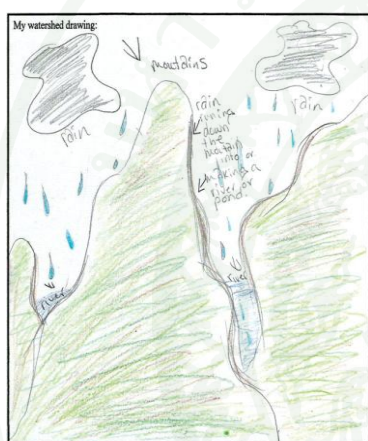
4.1 การสัมภาษณ์เกี่ยวกับแนวคิด (Interview about Concept)

การสัมภาษณ์เกี่ยวกับแนวคิด เป็นการสัมภาษณ์เพื่อตรวจสอบความรู้ที่นักเรียนมีเกี่ยวกับแนวคิดของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งผู้สัมภาษณ์บางคนอาจจำกัดความรู้แค่ข้อเท็จจริง หรืออาจจะสัมภาษณ์เกี่ยวกับความเชื่อ ความคิดเห็น ภาพในใจ ความทรงจำกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นกับตนเอง หรือแม้แต่ทักษะความคิด และทักษะทางด้านการปฏิบัติ ถ้าทักษะทางด้านความคิดและทักษะทางด้านการปฏิบัติ มีความสัมพันธ์กับแนวคิด (White and Gunstone, 1993)

การสัมภาษณ์เกี่ยวกับแนวคิดนั้น ต้องมีผู้สัมภาษณ์ที่มีประสบการณ์ในการใช้คำถามเพื่อค้นหาแนวคิดของผู้ถูกสัมภาษณ์ โดยลักษณะคำถามนั้นมีความยืดหยุ่นปรับเปลี่ยนสถานการณ์และคำตอบของผู้ถูกสัมภาษณ์

4.2 การวาดรูป (Drawing)

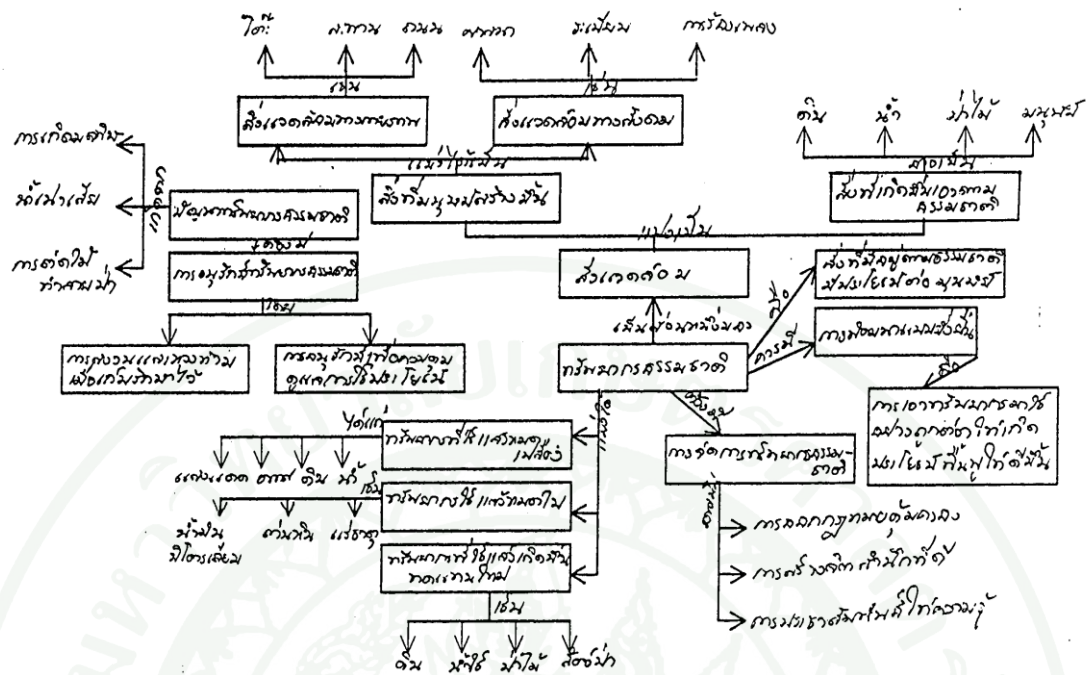
White and Gunstone (1993) Shepardson, Scellenberger, Priddy, Wee and Harbor (2007) ได้ใช้การวาดรูปในการตรวจสอบแนวคิด โดยการวาดสิ่งที่เข้าใจออกมา อาจมีคำบรรยายหรือไม่มีคำบรรยาย ซึ่งถือว่าการแสดงแนวคิดได้อย่างไม่มีขีดจำกัด เช่น การในนิสิตฝึกสอนวาดภาพห้องเรียนก่อนและหลังการฝึกสอนตามความคิดแต่ละคน ทำให้ภาพที่ได้นั้นแตกต่างกัน วัตถุประสงค์ของการวาดเพื่อตรวจสอบความเข้าใจซึ่งเป็นการง่ายต่อการตรวจสอบความเข้าใจผ่านการวาดภาพมากกว่าการเขียน



What I think a watershed is: When it rains on the mountains the water doesn't always go into the ground. it runs down the mountain makes or goes into a pond or river or even an ocean.

ภาพที่ 2.4 ตัวอย่างการวาดรูปการวาดภาพแสดงแนวคิดเรื่อง Watershed
ที่มา: Sherardson *et al.* (2007)

4.3 แผนผังแนวคิด (Concept mapping) การตรวจสอบแนวคิดโดยใช้แนวคิดของ Novak and Gowin (1984) พบว่าแนวคิดเป็นสิ่งที่สร้างขึ้นเพื่อแสดงความสัมพันธ์อย่างมีความหมายระหว่างแนวคิดตั้งแต่ 2 แนวคิดขึ้นไปในรูปของประพจน์ (Proposition) ซึ่งสอดคล้องกับ White and Gunstone (1992) ที่กล่าวว่าแผนผังความคิดมีจุดประสงค์เพื่อใช้แทนความสัมพันธ์อันมีความหมายระหว่างแนวคิดต่างๆ การใช้แผนผังแนวคิดเพื่อตรวจสอบแนวคิดนั้น ทำให้ครูและนักเรียนสามารถแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับเหตุผล หรือช่วยเชื่อมโยงแนวคิดต่างๆ ครูจึงสามารถทราบว่าควรเพิ่มเติมหรือแก้ไขแนวคิดที่คลาดเคลื่อน



ภาพที่ 2.5 ตัวอย่างแผนผังความคิด เรื่อง ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
ที่มา: ทรัพย์ทวี อภิญาวาท (2543)

4.4 แบบทดสอบแบบเลือกตอบสองชั้น (The two-tiered multiple choice test)

การสำรวจแนวคิดของผู้เรียนโดยใช้แบบทดสอบชนิดปรนัยทั้งคำตอบและเหตุผล
เหมาะสมต่อการวัดแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเพราะสามารถลดการเดาของนักเรียนในการทำ
แบบทดสอบ แบบทดสอบชนิดปรนัยทั้งคำตอบและเหตุผลมักพัฒนามาจากแบบสัมภาษณ์หรือ
คำถามปลายเปิด เพื่อนำมาสร้างเป็นตัวเลือกให้ใกล้เคียงกับคำตอบของผู้เรียนมากที่สุด
สามารถใช้กับนักเรียนจำนวนมากและสะดวกต่อการตรวจและวิเคราะห์ข้อมูล แบ่งเป็น 2 ส่วน
โดยส่วนแรกเป็นตัวเลือก 2, 3 หรือ 4 และส่วนที่ 2 เป็นเหตุผลที่เป็นไปได้โดยเหตุผลที่ไม่
ถูกต้องนั้นมักมาจากแนวคิดที่คลาดเคลื่อนซึ่งเชื่อมโยงกับตัวเลือกในส่วนแรก ดังตัวอย่าง
แบบทดสอบชนิดปรนัยทั้งคำตอบและเหตุผล

4.5 แบบวัดคำถามปลายเปิดหรือแบบทดสอบแบบอัตนัย (Essay Items)

แบบทดสอบแบบคำถามปลายเปิดหรือแบบทดสอบแบบอัตนัยใช้ได้ทั้งการวัดผลการเรียนรู้และแนวคิด เพราะผู้ตอบสามารถตอบคำถามได้อย่างอิสระ ได้คำตอบที่เป็นภาษา และความคิดของตนเอง สร้างข้อคำถามได้ง่าย ใช้เวลาน้อย และสามารถวัดข้อมูลที่ลึกได้ แต่มีข้อจำกัด ในการหาข้อสรุป เพราะคำตอบที่ได้มักกระจายกระจาย (บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์, 2542: 78-79) แบบวัดคำถามปลายเปิดประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนของข้อคำถาม และ ส่วนของคำตอบ โดยนักเรียนตอบแสดงเหตุผลประกอบ และสามารถวิเคราะห์คำตอบโดยการ จัดคำตอบที่มีลักษณะเหมือนกัน ไว้ในกลุ่มเดียวกัน ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้เช่น Simpson และ Marek (1988) ที่ศึกษาแนวคิดเรื่อง การแพร่ของนักเรียน ให้นักเรียนอธิบายสถานการณ์โดยใช้แบบวัดแนวคิดที่เป็นคำถามปลายเปิด เช่นเดียวกับ Lawson และ Thompson (1988) ที่ศึกษาแนวคิดเรื่อง พันธุกรรมและการคัดเลือกโดยธรรมชาติ Westbrook และ Marek (1992) ที่ศึกษาเกี่ยวกับการรักษาสสมดุลภาพของร่างกาย ทัศนาศันฐาน (2540) ที่ศึกษาแนวคิดที่คลาดเคลื่อน เรื่อง โมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 วรุณี โกสุมศุภมาลา (2552) ที่ศึกษาแนวคิดเรื่อง โมล ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 และพิศเนตร อุทัยไชย (2553) ที่ศึกษาแนวคิด เรื่อง พันธุศาสตร์โมเลกุล กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

จากการศึกษาเครื่องมือที่ใช้ในการวัดแนวคิด ผู้วิจัยจึงเลือกแบบวัดแนวคิดที่เป็นคำถามปลายเปิด ในการศึกษาแนวคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนโดยการ จัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย เพราะสามารถทราบแนวคิดของนักเรียนในเชิงลึกได้

5. แนวคิดเรื่องยีนและโครโมโซม

5.1 มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น ม. 4 - ม.6 ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับ แนวคิดเรื่อง ยีนและโครโมโซม

แนวคิดทางพันธุศาสตร์ได้จัดอยู่ในสาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต และสาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท, 2544) ดังแสดงในตารางที่

2.1

ตารางที่ 2.1 สารที่ 1 และสารที่ 8 และมาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น ม.4-ม.6

สารที่	มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น ม.4-6
สารที่ 1 มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การใช้เทคโนโลยีชีวภาพที่มีผลต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	1. สืบค้นข้อมูล อภิปรายและอธิบายกระบวนการถ่ายทอดสารพันธุกรรม การแปรผันทางพันธุกรรม การเกิดมิวเทชัน และความหลากหลายทางชีวภาพ 2. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และอธิบายถึงประโยชน์ของเทคโนโลยีชีวภาพ ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต ผลของเทคโนโลยีชีวภาพ และความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตที่มีผลต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม 3. สร้างสถานการณ์จำลองที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงปัจจัยต่างๆ ในสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด และการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตสัมพันธ์กับความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต
สารที่ 8 มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา ระบุว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้อุปกรณ์และเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน	1. ตั้งคำถามที่อยู่บนพื้นฐานของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หรือสนใจ หรือจากประเด็นที่เกิดขึ้นในขณะนั้น ที่สามารถทำการสำรวจตรวจสอบหรือค้นคว้าศึกษาได้อย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้ 2. สร้างสมมติฐานที่มีหลักฐานรองรับ หรือคาดการณ์สิ่งที่จะพบหรือสร้างแบบจำลอง หรือสร้างรูปแบบ เพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ 3. ค้นคว้าวารวบรวมข้อมูลที่ต้องพิจารณาปัจจัยหรือ ตัวแปรสำคัญ ปัจจัยที่มีผลต่อปัจจัยอื่น ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ และจำนวนครั้งของการสำรวจตรวจสอบ เพื่อให้ได้ผลที่มีความเชื่อมั่นอย่างพอเพียง 4. เลือกวัสดุ เทคนิควิธี อุปกรณ์ที่ใช้ในการสังเกต การวัด การสำรวจตรวจสอบอย่างถูกต้องทั้งทางกว้าง และทางลึก ในเชิงปริมาณและคุณภาพ 5. เก็บรวบรวมข้อมูล และบันทึกผลการสำรวจตรวจสอบอย่างเป็นระบบถูกต้อง ครอบคลุมทั้งในเชิงปริมาณ แลเชิงคุณภาพ โดยตรวจสอบความเป็นไปได้ ความเหมาะสม หรือความผิดพลาดของข้อมูล 6. จัดกระทำข้อมูล โดยคำนึงถึงการแสดงผลเชิงตัวเลขที่มีระดับความถูกต้อง และนำเสนอข้อมูลด้วยเทคนิควิธีที่เหมาะสม 7. วิเคราะห์ข้อมูล แปลความหมายข้อมูล และประเมินความสอดคล้องของข้อสรุป หรือสาระสำคัญ เพื่อตรวจสอบกับสมมติฐานที่ตั้งไว้

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

สาระที่	มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น ม.4-6
	8. สร้างแบบจำลอง หรือสร้างรูปแบบ หรือแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ หรือระบุแนวโน้มของความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้ผลจากการสำรวจตรวจสอบ 9. พิจารณาความน่าเชื่อถือของวิธีการ และผลการสำรวจตรวจสอบ โดยใช้หลักความคลาดเคลื่อนของการวัดและสังเกต เสนอแนะการปรับปรุงวิธีการสำรวจตรวจสอบ 10. นำผลของการสำรวจตรวจสอบที่ได้ทั้งวิธีการแลองค์ความรู้ที่ได้ไปสร้างคำถามใหม่นำไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ และในชีวิตจริง 11. ตระหนักถึงความสำคัญในการที่จะต้องมีส่วนร่วมรับผิดชอบการอธิบาย การลงความเห็นและการสรุปผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่นำเสนอต่อสาธารณชนด้วยความถูกต้อง 12. บันทึกและอธิบายผลการสำรวจตรวจสอบอย่างมีเหตุผล ใช้พยานหลักฐานอ้างอิงที่เชื่อถือได้ และยอมรับว่าความรู้เดิมอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มเติม หรือโต้แย้งจากเดิม ซึ่งท้าทายให้มีการตรวจสอบอย่างระมัดระวัง อันจะนำมาสู่การยอมรับเป็นความรู้ใหม่ 13. จัดแสดงผลงาน เขียนรายงาน และ /หรืออธิบายเกี่ยวกับแนวคิด กระบวนการ หรือผลของโครงการหรือชิ้นงานให้ผู้อื่นเข้าใจ

5.2 เนื้อหาในเรื่องยีนและโครโมโซม

เนื้อหาในเรื่องยีนและโครโมโซมนั้นประกอบด้วยแนวคิดที่แจ่มแจ้งอยู่ในเนื้อหา
ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 เนื้อหา และแนวคิดในเรื่อง ยีนและโครโมโซม

เนื้อหา	แนวคิด
1. ความสัมพันธ์ระหว่างยีนและโครโมโซม	1. ความสัมพันธ์ระหว่างยีนและโครโมโซม
2. รูปร่างและลักษณะของโครโมโซม	2. โครโมโซม - รูปร่างและลักษณะของโครโมโซม
3. ส่วนประกอบและการจัดเรียงตัวของโครโมโซม	2. โครโมโซม - ส่วนประกอบและการจัดเรียงตัวของโครโมโซม
4. โครงสร้าง และองค์ประกอบทางเคมี ของ ดีเอ็นเอ	3. โครงสร้างของดีเอ็นเอ 4. องค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ
5. การจำลองดีเอ็นเอ (DNA Replication)	5. สมบัติของสารพันธุกรรม - การจำลองดีเอ็นเอ (DNA Replication)
6. การถอดรหัส (Transcription)	5. สมบัติของสารพันธุกรรม - การถอดรหัส (Transcription)
7. โคดอนและการแปลรหัส (Translation)	5. สมบัติของสารพันธุกรรม - โคดอน - การแปลรหัส (Translation)

6. แนวคิดคลาดเคลื่อนเรื่องยีนและโครโมโซม

พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ (2546) ศึกษาแนวคิดเนื้อหาชีววิทยา ซึ่งพบว่าในเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับพันธุศาสตร์ นิสิตชั้นปีที่ 4 ไม่เข้าใจความสัมพันธ์ของกฎเมนเดล การแบ่งเซลล์ และโครโมโซม ในเรื่องดีเอ็นเอ มีนิสิตส่วนใหญ่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนในเรื่อง สารชีวโมเลกุล โดยเข้าใจว่าดีเอ็นเอเป็นสารประเภทคาร์โบไฮเดรต หรือโปรตีน

ทัศนียา รัตนฤทัย (2549) ที่ศึกษาแนวคิดพันธุศาสตร์ของผู้เรียนด้วยโอกาสในช่วงชั้นที่ 4 พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดในเรื่องโครโมโซมคลาดเคลื่อนถึงร้อยละ 84.7 แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มดังนี้ 1.โครโมโซมมีอยู่เป็นคู่โดยเข้าใจว่าโครโมโซมไม่จำเป็นต้องอยู่เป็นคู่ 2. สิ่งมีชีวิตอาจมีจำนวนโครโมโซมเท่ากันได้ แตกต่างกันว่ารูปร่างของโครโมโซมโดยเข้าใจว่าสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดต้องมีจำนวนโครโมโซมแตกต่างกัน จำนวนโครโมโซมไม่เกี่ยวข้องกับชนิดของสิ่งมีชีวิต ขนาดของโครโมโซมเกี่ยวข้องกับขนาดของลักษณะที่ต้องควบคุม และ 3. จำนวนโครโมโซมขึ้นกับขนาดของสัตว์ โดยเข้าใจว่าจำนวนโครโมโซมในเซลล์สืบพันธุ์จะมีจำนวน 22 เท่าของเซลล์ร่างกาย หรือเซลล์สืบพันธุ์มีจำนวนโครโมโซมมากกว่าเซลล์ร่างกาย จำนวนโครโมโซมในเซลล์สืบพันธุ์และเซลล์ร่างกายมีเท่ากัน โครโมโซมในเซลล์สืบพันธุ์ของแต่ละคนมี

ไม่เท่ากัน นอกจากนี้ผู้เรียนยังมีความสับสนเกี่ยวกับคำศัพท์ คือ โครโมโซมร่างกายกับเซลล์ร่างกาย และโครโมโซมเพศกับเซลล์สืบพันธุ์อีกด้วย

จิตตินันท์ สาตะนิมิ (2550) ศึกษาแนวคิดเรื่อง พันธุศาสตร์ พบว่าเรื่อง จำนวนโครโมโซมในเซลล์มนุษย์ และเรื่องจำนวนโครโมโซมในเซลล์พืช นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนมากที่สุด และยังพบว่านักเรียนจำนวนมากมีแนวคิดคลาดเคลื่อนในเรื่องยีน และเรื่องลักษณะที่ควบคุมโดยยีนเด่นบนโครโมโซมร่างกาย นอกจากนี้ในเรื่องโครงสร้างโครโมโซม เรื่องหน้าที่และความสำคัญของโครโมโซม เรื่องโครงสร้างสารพันธุกรรม เรื่องจีโนมไทป์และฟีโนไทป์ และเรื่องมิวเทชันพบว่านักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อน

ไพโรจน์ เต็มเตชาพงศ์ (2550) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงแนวคิดในเรื่อง หน้าที่ยีน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงแนวคิด เรื่องหน้าที่ของยีน โดยเข้าใจว่ายีนเป็นอนุภาคที่ทำหน้าที่ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม แต่ไม่สามารถเชื่อมโยงระหว่างยีนกับโครงสร้างของดีเอ็นเอได้ ซึ่งในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายนักเรียนควรอธิบายได้ว่า ยีนเป็นลำดับคำสั่งสำหรับกำหนดการสังเคราะห์โปรตีน

พิศเนตร อุทัยไชย (2553) ได้ศึกษาแนวคิด เรื่อง พันธุศาสตร์โมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนในเรื่อง จำนวนโครโมโซม เรื่องความสัมพันธ์ระหว่างยีน ดีเอ็นเอ และโครโมโซม เรื่องนิวคลีโอไทด์ เรื่องสมบัติของสารพันธุกรรม เรื่องมิวเทชัน และนักเรียนจำนวนมากมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วนในเรื่อง มิวเทชันที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงชิ้นส่วนของโครโมโซม

Lewis (2000) ที่ศึกษาแนวคิดเรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสและการปฏิสนธิ พบว่าผู้เรียนบางคนคิดว่าเซลล์ไข่มีเพียงโครโมโซม XX เซลล์สืบพันธุ์ต้องการโครโมโซมเพิ่มขึ้น แต่นักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจว่า เซลล์สืบพันธุ์มีโครโมโซมเป็นครึ่งหนึ่งของเซลล์ร่างกายเพราะโครโมโซมในเซลล์สืบพันธุ์นั้นจะมาเข้าคู่กันเมื่อมีการปฏิสนธิ ยังมีผู้เรียนบางส่วนสับสนในคำศัพท์ Haploid ที่มีโครโมโซม 1 ชุด และ Diploid ที่มีโครโมโซม 2 ชุด บางส่วนคิดว่าในเซลล์สืบพันธุ์จะมีเพียงโครโมโซม X และ Y เท่านั้น

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยในประเทศ

สุจินต์ เลี้ยงจรรยาวัจน์ (2543) ที่ใช้กระบวนการจัดการเรียนแบบคอนสตรัคติวิซึม และการใช้แฟ้มผลงานในเรื่อง พลังงานกับชีวิต และเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พบว่านักเรียนที่ผ่านการจัดการเรียนการสอนดังกล่าวและทำแฟ้มผลงานมีแนวคิดและความสามารถในการนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันเกี่ยวกับพลังงาน และเครื่องใช้ไฟฟ้ามากกว่านักเรียนที่ผ่านการจัดการเรียนรู้ แต่ไม่ได้ทำแฟ้มผลงาน และนักเรียนที่ไม่ผ่านการจัดการเรียนการสอนและไม่ทำแฟ้มผลงาน นอกจากนี้นักเรียนที่ผ่านการจัดการเรียนรู้และทำแฟ้มผลงานยังมีเจตคติที่ดีต่อวิชาวิทยาศาสตร์ และมีความชื่นชอบการจัดการเรียนการสอนแบบคอนสตรัคติวิซึม แต่พบว่านักเรียนยังคงคุ้นเคยกับการจัดการเรียนการสอนแบบเก่า

ปรียา นพคุณ (2545) ได้ศึกษาพัฒนาารูปแบบกระบวนการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ในโรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยการศึกษาสภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้ ปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ พัฒนาครูโดยการฝึกอบรมและนำรูปแบบกระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง พบว่าพฤติกรรมของครูผู้สอนเป็นไปตามแนวการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง พฤติกรรมนักเรียนมีการคิด วิเคราะห์ ตัดสินใจ รู้จักวิธีสืบค้นและนำเสนอ นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนสามารถพัฒนาแนวคิด การแก้ปัญหา การทำงานแบบร่วมมือ การนำไปใช้ในสภาพจริง และเจตคติทางบวกต่อวิทยาศาสตร์

เมธา สีหานาท (2546) ได้จัดการเรียนการสอนตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้จากการแก้ปัญหา เรื่อง ตารางธาตุ กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่าในช่วงแรกนักเรียนยังไม่เข้าใจในบทบาทของตนเอง จึงมีปัญหาในการแบ่งหน้าที่ ไม่กล้าทำกิจกรรม ไม่ตั้งใจทำกิจกรรมทำให้การจัดการเรียนการสอนไม่บรรลุเป้าหมาย แต่ในระยะหลังพบว่านักเรียนสนใจกิจกรรมมากขึ้น และสามารถประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ทำให้มีแนวคิดหลังผ่านการจัดการเรียนการสอนเพิ่มสูงขึ้น

วรรณดี จันทรวงศ์ (2547) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิซึม ที่มีต่อแนวคิด เรื่อง สารประกอบไฮโดรคาร์บอน กับนักศึกษาพยาบาลปีที่ 1 มหาวิทยาลัยคริสเตียน พบว่านักเรียนมีแนวคิดเรื่อง สารประกอบไฮโดรคาร์บอน แตกต่างกันและนักเรียนที่ผ่านการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิซึมคิดว่า การจัดการเรียนรู้นี้ดังกล่าวทำให้นักเรียน

มีโอกาสแลกเปลี่ยนความคิด ได้ฝึกความกล้าแสดงออก การค้นคว้า และการคิด นอกจากนี้ ครูผู้สอนยังได้ใกล้ชิดนักเรียนมากขึ้น

สมฤทัย สังฆคราม (2553) ได้ศึกษารูปแบบการทำความเข้าใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พันธะเคมี โดยใช้วิธีการสอนแบบเปรียบเทียบ ตามแนว FOCUS-ACTION-REFLECTION (FAR) GUIDE พบว่านักเรียนมีความเข้าใจที่หลากหลาย และมีการเปลี่ยนรูปแบบการทำความเข้าใจจากที่ไม่มีรูปแบบเลย แสดงว่านักเรียนใช้ความรู้ในการเปรียบเทียบมาช่วยในการทำความเข้าใจ และช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจแนวคิดได้ดีมากขึ้น

วิทยา ภาชื่น (2553) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์เรื่อง สมดุลเคมี กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่จัดการเรียนรู้โดยใช้การเปรียบเทียบ พบว่านักเรียนจำนวนมากยังมีแนวคิดคลาดเคลื่อนแม้จะผ่านการจัดการเรียนรู้มาแล้ว ซึ่งพบปัญหาหลายประการ เช่น นักเรียนไม่มีแนวคิดพื้นฐานที่จำเป็น ไม่คุ้นเคยกับอนาล็อกหรือไม่ชัดเจนเกี่ยวกับรูปร่างของอนาล็อก และยังไม่ได้ให้ความสำคัญในการอภิปรายเปรียบเทียบที่เหมือน และแตกต่างกันระหว่างอนาล็อกกับแนวคิดเป้าหมาย

จิตตินันท์ สาดะนิมิ (2550) ได้ศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ของนักเรียนเตรียมทหาร พบว่านักเรียนเตรียมทหารส่วนใหญ่มีแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ ไม่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะแนวคิดที่เกี่ยวกับโครงสร้างของสารพันธุกรรม เช่น โครงสร้างของยีนและโครโมโซม และมีนักเรียนเตรียมทหารส่วนน้อยที่มีแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นแนวคิดที่เป็นพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ และเป็นแนวคิดที่เป็นรูปธรรม เช่น ลักษณะทางพันธุกรรม จำนวนโครโมโซมในสิ่งมีชีวิต

พิศเนตร อุทัยไชย (2553) ได้พัฒนาแนวคิดเรื่อง พันธุศาสตร์โมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ในการสำรวจแนวคิดของนักเรียนที่ผ่านการเรียนด้วยวิธีอื่นๆ มาแล้ว พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน และเมื่อจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะให้กับนักเรียนพบว่านักเรียนมีแนวคิดแบบสมบูรณ์ และนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนมีจำนวนลดลง แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะสามารถพัฒนาแนวคิดเรื่อง พันธุศาสตร์โมเลกุล ได้

พวงเพชร เกตุวีระพงศ์ (2552) ได้ใช้การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เพื่อพัฒนาผลการเรียนวิชาเคมีพื้นฐาน และความคิดอย่างมีวิจารณญาณ พบว่าครูทราบปัญหาการจัดการในชั้นเรียน วางแผนแก้ปัญหา และแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ ทำให้เปลี่ยนพฤติกรรมการสอน สร้างบรรยากาศที่เป็นกันเองใน

การเรียนรู้ เพิ่มเทคนิคการใช้คำถาม การเล่นเกมแข่งขันกัน และนักเรียนมีผลการเรียนวิชาเคมี พื้นฐาน และการคิดอย่างมีวิจารณญาณอยู่ในระดับคุณภาพดีขึ้น

2. งานวิจัยต่างประเทศ

Glynn and Takahashi (1998) ได้ศึกษาวิธีการส่งเสริมการเรียนรู้เรื่อง เซลล์กับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยการใช้เทคนิคอุปมาอุปไมยในการเปรียบเทียบการทำหน้าที่ต่างๆภายในเซลล์ซึ่งเป็นแนวคิดเป้าหมาย กับการทำงานของฝ่ายต่างๆ ในโรงงานอุตสาหกรรม พบว่าการใช้เทคนิคอุปมาอุปไมยในการเปรียบเทียบแนวคิดดังกล่าวทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมซึ่งเป็นสิ่งที่นักเรียนคุ้นเคย กับความรู้ใหม่ได้ ส่งผลให้นักเรียนเข้าใจและจดจำแนวคิดได้

Harrison and Treagust (1993) ได้ศึกษาการใช้รูปแบบ TWA (Teaching-With-Analogies) ที่ประยุกต์จากการจัดการเรียนรู้เรื่อง การมองเห็น ของ Glynn (1989) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในเรื่อง การเดินทางของแสงผ่านตัวกลางต่างๆ โดยการใช้การอุปมาอุปไมยเปรียบเทียบเส้นทางการเดินทางของแสงกับเส้นทางที่ล้อเลื่อน และตัวกลางที่แสงเดินทางผ่าน กับพื้นผิวที่ล้อเลื่อนผ่าน (เช่น พื้นผิวอ่อน พื้นผิวที่แข็ง) พบว่าการอุปมาอุปไมยดังกล่าวทำให้นักเรียนเข้าใจปรากฏการณ์ที่แสงเดินทางผ่านตัวกลางต่างๆ ได้

Rothhaar, Pittendrigh. and Orvis (2006) ได้ใช้โมเดลเลโก้ LAM (Lego Analogy Model) และ GAME (Genomic Analogy Model for Education) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการสอนที่ประกอบด้วย ซีดีรอม เว็บไซต์ และแบบฝึกหัด นำมาใช้ในการสอนลำดับยีน และเทคโนโลยีชีวภาพ พบว่าผลคะแนนหลังใช้กิจกรรมโดยใช้โมเดลเลโก้ และ GAME มีคะแนนเพิ่มขึ้น

Oliva, et al. (2005) ได้ศึกษาการใช้เทคนิคอุปมาอุปไมยที่นิยมในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ของครูในประเทศสเปน และหนังสือแบบเรียน ในวิชาฟิสิกส์มักใช้เทคนิคอุปมาอุปไมยในเรื่อง วงจรไฟฟ้ากระแสตรงกับวงจรไฮดรอลิก

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองสามารถพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ได้ นอกจากนี้การวิจัยเชิงปฏิบัติการสามารถใช้ในการแก้ปัญหาในชั้นเรียนได้ และเทคนิคอุปมาอุปไมยยังใช้ในการจัดการเรียนการสอนในเนื้อหาที่เข้าใจยากได้อีกด้วย

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแนวคิดเรื่องยีนและโครโมโซมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย และเพื่อค้นหาแนวทางในการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวที่ช่วยให้นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่องยีนและโครโมโซม โดยวิธีดำเนินการวิจัยของงานวิจัยนี้มีดังนี้

1. บริบทของโรงเรียน
2. กลุ่มที่ศึกษา
3. สภาพห้องเรียน
4. รูปแบบการวิจัย
5. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
6. การเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

บริบทของโรงเรียน

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาในโรงเรียนช่อมาลีวิทยา (นามสมมติ) ซึ่งเป็นโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 6 ที่ผู้วิจัยเป็นครูประจำการ โรงเรียนช่อมาลีวิทยาเปิดสอนตั้งแต่ปี พ.ศ. 2522 ถึงปัจจุบัน (พ.ศ. 2555) โรงเรียนมีพื้นที่ประมาณ 22 ไร่ ประกอบด้วยอาคารเรียน 4 หลัง และหอประชุม 1 หลัง โรงเรียนมีแหล่งเรียนรู้ทั้งภายในและภายนอก โดยแหล่งเรียนรู้ภายในโรงเรียน ได้แก่ ห้องสมุด ห้องปฏิบัติการชีววิทยา ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ ห้องปฏิบัติการเคมี ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ เรือนเพาะชำ และสวนหย่อมหน้าอาคารเรียน ส่วน แหล่งเรียนรู้ภายนอกโรงเรียน ได้แก่ สวนสมุนไพร ห้องโถงโอดีเซล กังหันน้ำชัยพัฒนา และป่าชายเลน ที่อยู่ในแหล่งชุมชนใกล้โรงเรียน ในปีการศึกษา 2554 โรงเรียนเปิดสอนตั้งแต่ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ถึงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีครูประจำการทั้งหมด 77 คน เป็นข้าราชการ 53 คน พนักงานราชการ 17 คน และครูอัตราจ้าง 7 คน ในจำนวนครูทั้งหมด มีครูในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จำนวน 10 คน โรงเรียนมีนักเรียนประมาณ 1,700 คน เป็นนักเรียนชายประมาณ 800 คน นักเรียนหญิงประมาณ 900 คน นักเรียนร้อยละ 96 นับถือศาสนาพุทธ นักเรียนที่เหลือนับถือศาสนาอิสลาม ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีนักเรียนทั้งหมด 146 คน เป็นนักเรียนชาย 54 คน นักเรียนหญิง 95 คน แบ่งออกเป็น 4 ห้องเรียน โดยเป็นห้องเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์

และคณิตศาสตร์จำนวน 1 ห้องเรียน แผนการเรียนภาษาอังกฤษและ ภาษาจีนจำนวน 1 ห้องเรียน แผนการเรียนภาษาอังกฤษและสังคม ศาสตร์จำนวน 1 ห้องเรียน และแผนการเรียน ธุรกิจศึกษาจำนวน 1 ห้องเรียน โดยในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลกับนักเรียน ในห้องเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ซึ่งมีจำนวน 1 ห้องเรียน ดังกล่าวข้างต้น

กลุ่มที่ศึกษา

กลุ่มที่ศึกษาในงานวิจัยนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 40 คน เป็นนักเรียนชาย 10 คน นักเรียนหญิง 30 คน ที่เรียนรายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม เรื่องยีนและโครโมโซม ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2554 ของโรงเรียนหอมาลีวิทยา (นามสมมติ) ซึ่งเป็นโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่แห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่ การศึกษามัธยมศึกษาเขต 6

เนื่องจาก นักเรียน ที่เป็น กลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์และ คณิตศาสตร์ นักเรียนทุกคน จึงมีผลการเรียนเฉลี่ยในรายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม ตั้งแต่ระดับชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4 จนถึงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ไม่ต่ำกว่าระดับ 2.0 จึงจะถือว่าผ่านเกณฑ์ที่ สถานศึกษากำหนด โดยพบว่า นักเรียนที่มีผลการเรียนเฉลี่ยในรายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม 2.0 มี จำนวน 13 คน นักเรียนที่มีผลการเรียนเฉลี่ย 3.0 มีจำนวน 21 คน และนักเรียนที่มีผลการ เรียนเฉลี่ย 4.0 มีจำนวน 6 คน จากการสอบถามอย่างไม่เป็นทางการพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มี ความสนใจและชื่นชอบราย วิชาทางชีววิทยา มากที่สุด รองลงมา คือ รายวิชาทางฟิสิกส์ และ รายวิชาทางเคมี ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม นักเรียนส่วนใหญ่ ไม่ชอบ รายวิชาภาษาอังกฤษ ครบครัน ของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา ประมาณ ครึ่งหนึ่งมีฐานะยากจน ผู้ปกครองไม่มีเงินเดือน ประจำ นักเรียน จึงต้องขอทุนจากกองทุน เงินกู้ยืมเพื่อการศึกษาตั้งแต่ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 นอกจากนี้ นักเรียนกลุ่มที่ศึกษาส่วนใหญ่ไม่ได้เรียนพิเศษเพิ่มเติม นักเรียน ในกลุ่มที่ศึกษาทุก คนนับถือศาสนาพุทธ สนใจกิจกรรมทั้งด้านกีฬา ดนตรีไทย ดนตรีสากล และนาฏศิลป์ ชุมนุม อนุรักษ์ป่าชายเลน และนักเรียนมีจิตอาสาช่วยเหลือกิจกรรมของโรงเรียนเป็นอย่างดี

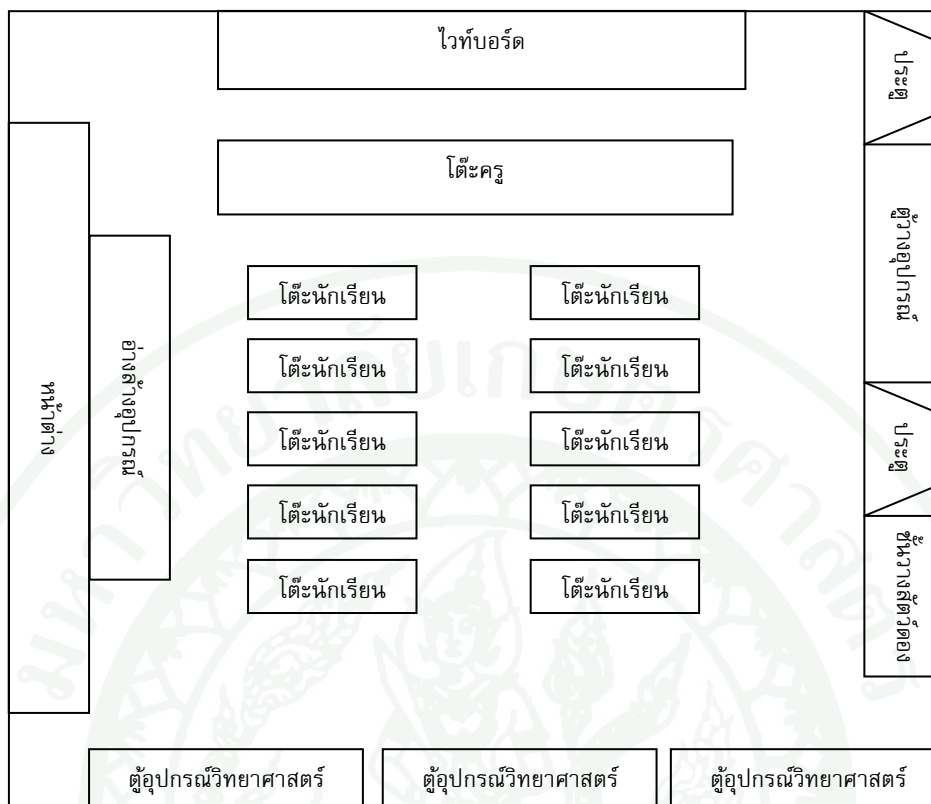
นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้ทำการสำรวจแนวคิดของนักเรียนในเรื่อง ยีนและโครโมโซมใน เบื้องต้นก่อนเรียน พบว่า ในเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างยีนและโครโมโซม นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 45.0) มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน เรื่อง การจัดเรียงตัวของโครโมโซม นักเรียนส่วนใหญ่(ร้อยละ 47.5) ไม่มีแนวคิด เรื่อง โครงสร้าง ของ ดีเอ็นเอ นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 75.0) มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ เรื่อง องค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 52.5) มีแนวคิดคลาดเคลื่อน เรื่อง โคดอน นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 55.0) มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์และแนวคิด

คลาดเคลื่อนบางส่วน และยังพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ไม่มีแนวคิดในเรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ (ร้อยละ 80) การถอดรหัส (ร้อยละ 80) และการแปลรหัส (ร้อยละ 80)

สภาพห้องเรียน

ห้องเรียนที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ในวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม เรื่อง ยีนและโครโมโซม คือ ห้องปฏิบัติการชีววิทยา ซึ่งตั้งอยู่บนอาคารเรียนหลังที่ 4 ชั้นที่ 3 ติดกับห้องเรียนคณิตศาสตร์ และห้องพักครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ห้องปฏิบัติการ ชีววิทยามีขนาดความกว้าง x ความยาว เท่ากับ 8 x 12 เมตร ภายในห้องปฏิบัติการชีววิทยาประกอบด้วย ไวท์บอร์ด โต๊ะครู ที่มีอ่างล้างอุปกรณ์ และโต๊ะนักเรียนที่สามารถเคลื่อนย้ายและจัดให้เป็นกลุ่มได้ 10 กลุ่ม กลุ่มละ 4 คน ทางด้านขวาและด้านหลังของห้องปฏิบัติการชีววิทยามีตู้เก็บอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ และชั้นวางสัตว์ดองตั้งอยู่ตลอดแนวผนัง ทางด้านซ้ายของห้องมีอ่างล้างอุปกรณ์จำนวน 2 อ่าง กระจกด้านบนของประตูและหน้าต่างทั้งสองข้างมีภาพวาดโปสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับวิชาชีววิทยา อาทิ ภาพไมโทคอนเดรีย ภาพส่วนประกอบของเมล็ด ภาพส่วนประกอบของดอก ไม้ เป็นต้น แผนผังและภาพถ่ายของ ห้องปฏิบัติการ ชีววิทยา แสดงในภาพที่ 3.1 และ 3.2 ตามลำดับ

โดยภาพรวมห้องปฏิบัติการชีววิทยามีขนาดพื้นที่พอเหมาะกับจำนวนนักเรียน 40 คน ภายในห้องมีอากาศถ่ายเทดี มีแสงสว่างเพียงพอ มีอุปกรณ์อำนวยความสะดวกในการจัดการเรียนรู้ และมีเก้าอี้เพียงพอกับจำนวนนักเรียน รวมทั้งมีโต๊ะและเก้าอี้ที่สามารถเคลื่อนย้ายให้เหมาะสมกับกิจกรรม



ภาพที่ 3.1 แผนผังห้องปฏิบัติการชีววิทยา โรงเรียนช่อมาลีวิทยา



ภาพที่ 3.2 ภาพถ่ายห้องปฏิบัติการชีววิทยา โรงเรียนช่อมาลีวิทยา

รูปแบบการวิจัย

1. การวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research)

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ซึ่งผู้วิจัยในฐานะครูผู้สอนวิชาชีววิทยาพื้นฐาน และชีววิทยาเพิ่มเติม ซึ่งมีประสบการณ์ ในการสอนมาเป็นเวลา 4 ปี ประสบปัญหาในการจัดการเรียนการสอนรายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม โดยพบว่านักเรียนที่ผู้วิจัยสอนผ่านมามีแนวคิดคลาดเคลื่อนมากในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง ยีนและโครโมโซม ดังนั้น ผู้วิจัยในฐานะครูจึงต้องการแก้ไขปัญหาและพัฒนาการสอนของตนเองในเรื่องดังกล่าว โดยได้นำการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมยมาใช้ เพื่อสอนให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เกิดแนวคิดวิทยาศาสตร์ในเรื่องยีนและโครโมโซม นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังต้องการค้นหาแนวทางในการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้าง องค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย ที่สามารถช่วยให้นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องยีนและโครโมโซม ซึ่งสอดคล้องกับหลักการของการวิจัยเชิง ปฏิบัติ การ ที่ผู้ปฏิบัติประสบปัญหาเกี่ยวข้องกับงานที่ ปฏิบัติและมีความต้องการแก้ไขปัญหาและพัฒนาการ ปฏิบัติงานของตนเองให้ดียิ่งขึ้น ด้วยเหตุนี้งานวิจัยนี้จึงดำเนินการตามหลักการและขั้นตอนของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ ตามแนวคิดของ Kemmis และ McTaggart (1998) โดยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 4 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นวางแผน (Plan) 2) ขั้นปฏิบัติตามแผน (Act) 3) ขั้นสังเกต (Observe) และ 4) ขั้นสะท้อนการปฏิบัติ (Reflect) โดยแต่ละขั้นตอนจะดำเนินการต่อเนื่องกันไปเป็นวงจรที่เรียกว่าวงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research Spiral) หรือที่ สุมิตล ว่องวานิช (2543) เรียกว่า วงจร PAOR โดย P ย่อมาจาก Plan A ย่อมาจาก Act O ย่อมาจาก Observe และ R ย่อมาจาก Reflect นั่นเอง รายละเอียดของการ ปฏิบัติในแต่ละขั้นตอนมีดังนี้

2. ขั้นตอนการวิจัยเชิงปฏิบัติการและการดำเนินการ

การวิจัยเชิงปฏิบัติการมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 4 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นวางแผน (Plan) 2) ขั้นปฏิบัติตามแผน (Act) 3) ขั้นสังเกต (Observe) และ 4) ขั้นสะท้อนการปฏิบัติ (Reflect) โดยแต่ละขั้นตอน มีวิธีการดำเนินการ ดังนี้

2.1 ขั้นวางแผน (Plan)

2.1.1 ผู้วิจัยวิเคราะห์ปัญหาที่พบในการจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์การสอนของตนเอง ผลจากการวิเคราะห์พบว่า นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนมากในเรื่องยีนและ

โครโมโซม โดยเป็นผลมาจากวิธีการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยที่เน้นการท่องจำเนื้อหา และขาดการทดลอง หรือแสดงให้เห็นเป็นรูปธรรม

2.1.2 ผู้วิจัยวิเคราะห์ตัวชี้วัด หลักสูตรแกนกลาง การศึกษา ขั้นพื้นฐาน และหลักสูตรสถานศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนเรื่อง ยีนและโครโมโซม

2.1.3 ผู้วิจัยศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดของนักเรียน เรื่อง ยีนและโครโมโซม และเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง และการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์จากการศึกษาเอกสาร พบว่า การสอนวิทยาศาสตร์ควรเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ นักเรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง และควรให้นักเรียนได้เรียนรู้แนวคิดที่เป็นนามธรรมผ่านกิจกรรมที่เป็นรูปธรรม

2.1.4 ผู้วิจัยศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) และการใช้เทคนิคอุปมาอุปไมยในการสอนวิทยาศาสตร์ จากนั้นสังเคราะห์กรอบแนวคิดของ การจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ซึ่งประกอบด้วย

- 1) การนำเอาความรู้เดิมของผู้เรียนในเรื่องที่สอนมาใช้เป็นแนวทางในการสร้างองค์ความรู้ใหม่ กล่าวคือ มีการเปรียบเทียบความรู้เดิมและความรู้ใหม่ของผู้เรียนให้เห็นถึงความแตกต่างและเชื่อมโยงความรู้ใหม่และความรู้เดิมเพื่อปรับความรู้ให้เป็นไปในทิศทางเดียวกันตามแนวคิดวิทยาศาสตร์
- 2) การให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรม กับครู หรือการมีปฏิสัมพันธ์กันเองระหว่างผู้เรียนเพื่อแสวงหาองค์ความรู้ใหม่ กล่าวคือ การจัดให้มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่มย่อยจากกิจกรรม นำเสนอในกลุ่มใหญ่พร้อมแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับครูผู้สอนและผู้เรียนกลุ่มอื่นๆ
- 3) การที่ผู้สอนมีบทบาทเป็นผู้เสนอแนะและจัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง กล่าวคือ ผู้สอนสร้างสถานการณ์และบรรยากาศที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ และสร้างองค์ความรู้ขึ้นภายในตัวผู้เรียนเอง
- 4) การสร้างความหมายจากการอภิปรายแสดงความคิดเห็น กล่าวคือ การจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เปรียบเทียบประสบการณ์หรือคำอธิบายของตนเองกับผู้อื่น แล้วลงข้อสรุปคำอธิบายหรือความรู้ที่ได้รับบนพื้นฐานของข้อมูลที่นำเสนอ

5) การใช้เทคนิคอุปมาอุปไมย กล่าวคือ เทคนิคการสอนที่ช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้แนวคิดใหม่โดยการเชื่อมโยงแนวคิดใหม่ หรือ เป้าหมาย กับสิ่งที่ผู้เรียนคุ้นเคย หรือ อналиลอค

2.1.5. ผู้วิจัยสร้างเครื่องมือในการพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่อง ยีนและโครโมโซม คือ แผนการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย จำนวน 7 แผน รวม 14 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที รวม 11 ชั่วโมง 40 นาที

2.1.6. ผู้วิจัยสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัย คือ แบบวัดแนวคิดเรื่องยีนและโครโมโซม กรอบในการบันทึกหลังสอนของครู กรอบในการเขียนอนุทินของนักเรียน และกรอบในการสังเกตการสอนผ่านวีดิทัศน์การสอนของตนเอง

2.2 ขั้นปฏิบัติตามแผน (Act)

ผู้วิจัยดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ออกแบบไว้ โดยระหว่างสอนทำการบันทึกวิธีทัศน์การสอนของตนเอง เพื่อช่วยให้ได้ข้อมูลครบถ้วนในการสังเกตการสอนของตนเอง และยังช่วยในการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เมื่อสอนจบในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยทำการบันทึกปัญหา แนวทางแก้ไข และสิ่งที่ได้เรียนรู้ตามกรอบแนวคิดของทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย ลงในบันทึกหลังสอนทันที เพื่อมิให้ลืมประเด็นสำคัญ

ในขั้นการปฏิบัติการสอนตามแผน การจัดการเรียนรู้ เมื่อสอนจบในแต่ละแผน ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบวัดแนวคิดเรื่องยีนและโครโมโซม ในแนวคิดที่สอนในแผนนั้นๆ ซึ่งจะช่วยให้เด็กนักเรียนไม่เหนื่อยล้าจากการทำแบบวัด แนวคิดทั้งหมดในครั้งเดียว และได้ข้อมูลที่ตรงกับความรู้ของนักเรียนมากขึ้น จากนั้นผู้วิจัยให้นักเรียนเขียนอนุทินเกี่ยวกับการเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย

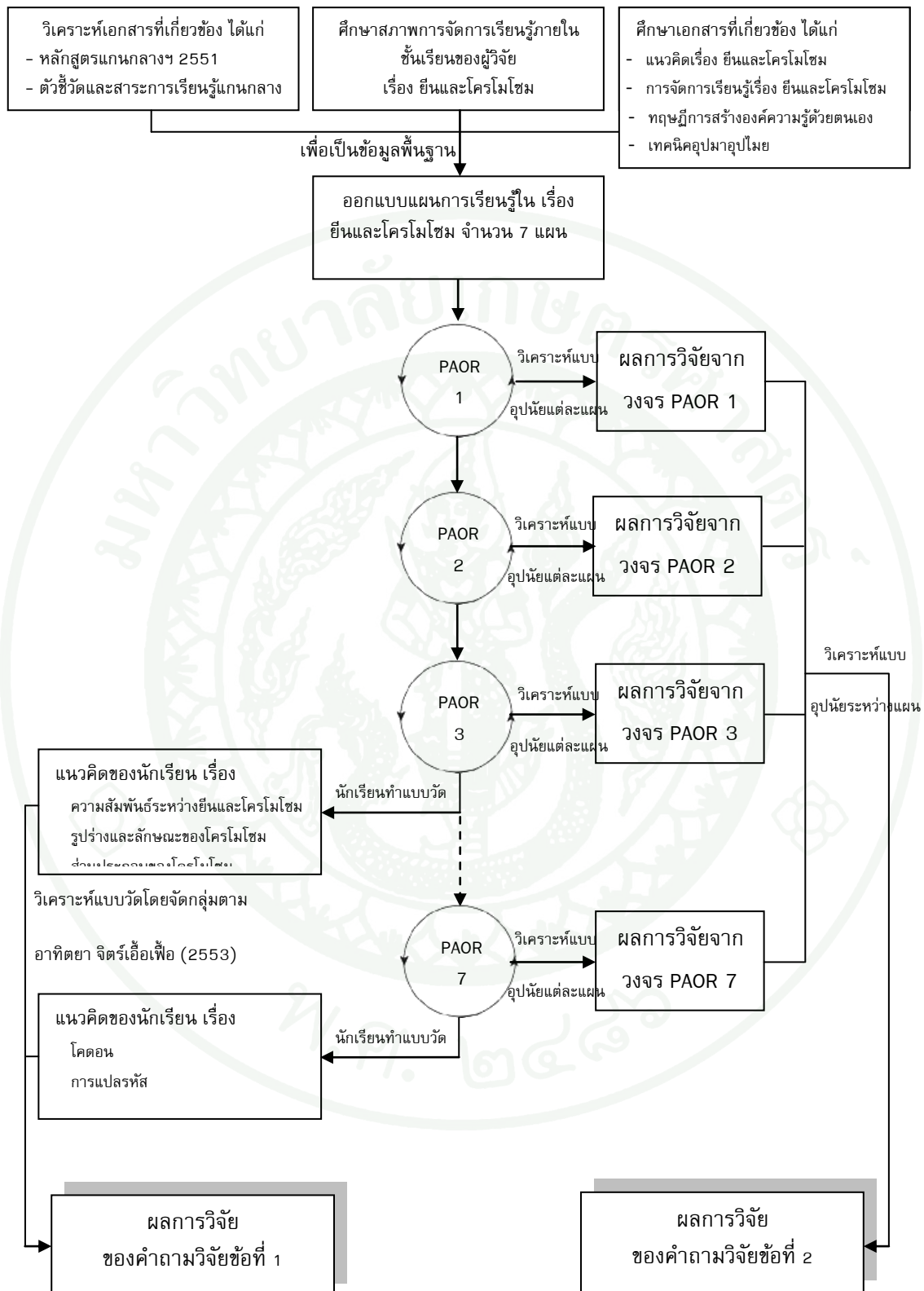
2.3 ขั้นสังเกต (Observe)

ผู้วิจัยสังเกตการปฏิบัติการสอนของตนเองจากวิธีทัศน์ตามกรอบแนวคิดของทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย ที่สร้างขึ้น เพื่อช่วยให้สามารถสะท้อนการปฏิบัติการสอนได้อย่างลึกซึ้งและครอบคลุมในทุกประเด็น

2.4 ขั้นสะท้อนการปฏิบัติ (Reflect)

จากข้อมูลที่ได้จากการชมวีดิทัศน์การสอนของตนเอง ผู้วิจัยเขียนสะท้อนผลการปฏิบัติการสอนของตนเองลงในบันทึกหลังสอน เพิ่มเติม โดยครอบคลุมประเด็นต่างๆ คือ ปัญหาในการจัดการเรียนการสอน แนวทางแก้ไข และสิ่งที่ได้เรียนรู้ โดยเขียนบันทึกตามกรอบแนวคิดของทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย จากนั้น นำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปปรับปรุงในแผนการจัดการเรียนรู้อื่นๆ ของตนเองต่อไป

การวิจัยเชิงปฏิบัติการจะดำเนินเป็นวงจรต่อเนื่องกันไปตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นทั้งหมด 7 แผน รวมได้เป็นวงจรของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ หรือ PAOR 7 วงจร วิธีดำเนินการวิจัยตามวงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติการแสดงดังภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 วิธีดำเนินการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาแนวคิดเรื่อง ยีนและโครโมโซม และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ตอบคำถามวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาแนวคิด เรื่อง ยีนและโครโมโซม

เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาแนวคิด เรื่อง ยีนและโครโมโซม ของนักเรียน คือ แผนการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย จำนวน 7 แผน ครอบคลุมแนวคิด หลัก 5 แนวคิด คือ 1) ความสัมพันธ์ระหว่าง ยีนและโครโมโซม 2) โครโมโซม 3) โครงสร้างดีเอ็นเอ 4) องค์ประกอบทางเคมีของ ดีเอ็นเอ และ 5) สมบัติของสารพันธุกรรม ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ 4 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 แผน แผนละ 2 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที รวมทั้งสิ้น 14 คาบเรียน ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แผนการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย และจำนวนคาบเรียน

แผนที่	แนวคิดหลัก	จำนวนคาบ
1 ความสัมพันธ์ระหว่างยีนและโครโมโซม	ความสัมพันธ์ระหว่างยีนและโครโมโซม	2
2 รูปร่างและลักษณะของโครโมโซม	โครโมโซม - รูปร่างและลักษณะของโครโมโซม	2
3 ส่วนประกอบและการจัดเรียงตัวของโครโมโซม	โครโมโซม - ส่วนประกอบและการจัดเรียงตัวของโครโมโซม	2
4 โครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ	1. โครงสร้างดีเอ็นเอ 2. องค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ	2
5 การจำลองดีเอ็นเอ (DNA Replication)	สมบัติของสารพันธุกรรม - การจำลองดีเอ็นเอ	2
6 การถอดรหัส (Transcription)	สมบัติของสารพันธุกรรม - การถอดรหัส	2
7 โคดอน (Codon) และการแปลรหัส (Translation)	สมบัติของสารพันธุกรรม - โคดอน - การแปลรหัส	2

รายละเอียดและขั้นตอนในการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมยมีดังนี้

ขั้นที่ 1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐาน ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎี การสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง และเทคนิคอุปมาอุปไมย

ขั้นที่ 2 วิเคราะห์หลักสูตรสถานศึกษา มาตรฐานการเรียนรู้ คำอธิบายรายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม และหน่วยการเรียนรู้เรื่อง ยีนและโครโมโซม ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

ขั้นที่ 3 กำหนดโครงสร้างหน่วยการเรียนรู้เรื่อง ยีนและโครโมโซมและจำนวนคาบเรียน

ขั้นที่ 4 เขียนแผนการจัดการเรียนรู้ โดยเน้นการพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่องยีนและโครโมโซม ซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วย มาตรฐานการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง แนวคิดหลัก กิจกรรมการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล สื่อและแหล่งการเรียนรู้ และใบกิจกรรม

ขั้นที่ 5 ส่งโครงสร้างหน่วยการเรียนรู้และ แผนการจัดการเรียนรู้ให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความถูกต้อง และเหมาะสมของแผนและกิจกรรมที่ใช้ จากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงแก้ไข

ขั้นที่ 6 ส่งแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขแล้ว ให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา คือ อาจารย์จากคณะวิทยาศาสตร์ รองศาสตราจารย์ ดร. สุรินทร์ ปะโยชคณากุล ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา คือ อาจารย์จากคณะศึกษาศาสตร์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ และ ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนชีววิทยา คือ อาจารย์วงเดือน ธัญญะประกอบ ที่มีประสบการณ์สอนวิชาชีววิทยามากกว่า 30 ปี โดยให้ผู้เชี่ยวชาญ ทำการตรวจสอบความถูกต้อง และเหมาะสมของแผนและกิจกรรมที่ใช้ จากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

ขั้นที่ 7 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขแล้วจากขั้นที่ 6 ไปใช้สอน ดังแสดงกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละแผน โดยตารางที่ 3. 2 แสดงให้เห็นว่าในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้มีการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับกรอบแนวคิดของ การจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้าง องค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย อย่างไร

ตารางที่ 3.2 กิจกรรมการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย

แผนที่	กรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย				
	1. การนำเอาความรู้เดิมของผู้เรียนในเรื่องที่สอนมาใช้เป็นแนวทางในการสร้างองค์ความรู้ใหม่	2. การให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรม กับครู หรือการมีปฏิสัมพันธ์กันเองระหว่างผู้เรียนเพื่อแสวงหาองค์ความรู้ใหม่	3. การที่ผู้สอนมีบทบาทเป็นผู้เสนอแนะและผู้จัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง	4. การสร้างความหมายจากการอภิปรายแสดงความคิดเห็นกลุ่มใหญ่	5. การใช้เทคนิคอุปมาอุปไมย
1 เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างยีนและโครโมโซม	ครูใช้คำถามเพื่อสำรวจความรู้เดิมของผู้เรียน โดยมีแนวคำถามว่า “นักเรียนคิดว่ายีนและโครโมโซมมีความเกี่ยวข้องกันอย่างไร” พร้อมวาดภาพโครโมโซม และตำแหน่งยีน	นักเรียนทำกิจกรรม เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างยีนและโครโมโซม เพื่อตรวจสอบการถ่ายทอดยีนกับโครโมโซมในระยะต่างๆ ของการแบ่งเซลล์ โดยใช้เชือกสีต่างๆ แทนโครโมโซมและยีนสร้างแบบจำลองการถ่ายทอดยีนและโครโมโซม จากนั้นนักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายผลจากการทำกิจกรรม	ครูจัดสถานการณ์ให้นักเรียนได้สร้างความเข้าใจเรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างยีนและโครโมโซม โดยสร้างแบบจำลองการถ่ายทอดยีนและโครโมโซม โดยใช้เชือกสีต่างๆ แทนยีนและโครโมโซม	นักเรียนนำเสนอผลจากการทำกิจกรรมเปรียบเทียบกับเพื่อน กลุ่มอื่นหน้าชั้นเรียน และวิเคราะห์สาเหตุที่ได้ผลการทำกิจกรรมแตกต่างกัน	ครูจัดกิจกรรมให้นักเรียนเรียนรู้เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างยีนและโครโมโซม โดยการสร้างแบบจำลองการถ่ายทอดยีนและโครโมโซม โดยใช้เชือกสีต่างๆ แทนยีนและโครโมโซม
2 เรื่อง รูปร่างและลักษณะของโครโมโซม	ครูให้นักเรียนสังเกตภาพในกิจกรรม แล้วบอกว่าภาพใดคล้ายกับโครโมโซม พร้อมทั้งบอกเหตุผล	นักเรียนทำกิจกรรมเรื่องรูปร่างลักษณะโครโมโซม เพื่อตรวจสอบลักษณะของโครโมโซมและจำแนกกลุ่มโครโมโซมตามเกณฑ์ของนักเรียนเองและเกณฑ์ของนักวิทยาศาสตร์ จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลจากกิจกรรม	ครูจัดสถานการณ์ให้นักเรียนสร้างความเข้าใจเรื่อง รูปร่างลักษณะโครโมโซม โดยการสังเกตภาพที่คล้ายกับโครโมโซมและจำแนกโครโมโซม โดยใช้ภาพสิ่งของและภาพโครโมโซมกระดาด	นักเรียนนำเสนอผลจากการทำกิจกรรมเปรียบเทียบกับกลุ่มอื่น และสรุปเป็นรูปร่างลักษณะของโครโมโซม เกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนก และกลุ่มของโครโมโซมที่จำแนกแล้ว	ครูจัดกิจกรรมให้นักเรียนเรียนรู้เรื่อง รูปร่างลักษณะโครโมโซม โดยการสังเกตภาพสิ่งของต่างๆ ที่คล้ายโครโมโซม และจำแนกภาพโครโมโซมกระดาดแทนโครโมโซมจริง

ตารางที่ 3.3 (ต่อ)

แผนที่	กรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย				
	1. การนำเอาความรู้เดิมของผู้เรียนในเรื่องที่สอนมาใช้เป็นแนวทางในการสร้างองค์ความรู้ใหม่	2. การให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรม กับครู หรือการมีปฏิสัมพันธ์กันเองระหว่างผู้เรียนเพื่อแสวงหาองค์ความรู้ใหม่	3. การที่ผู้สอนมีบทบาทเป็นผู้เสนอแนะและผู้จัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง	4. การสร้างความหมายจากการอภิปรายแสดงความคิดเห็นกลุ่มใหญ่	5. การใช้เทคนิคอุปมาอุปไมย
3 เรื่อง ส่วนประกอบ และการ จัดเรียงตัว ของ โครโมโซม	ครูสำรวจความรู้เดิมเกี่ยวกับส่วนประกอบและการจัดเรียงตัวของโครโมโซมในกิจกรรมที่ส่วนประกอบและการจัดเรียงตัวของโครโมโซม โดยสังเกตลักษณะของโครโมโซมในการแบ่งเซลล์ระยะต่างๆ และถามว่า “โครโมโซมในระยะ interphase กลายเป็นโครโมโซมในระยะ metaphase ได้อย่างไร”	นักเรียนทำกิจกรรมเรื่องส่วนประกอบและการจัดเรียงตัวของโครโมโซม โดยการสร้างโครโมโซมจากเส้นด้ายและแกนพลาสติก - นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายวิธีการทำกิจกรรมและผลกิจกรรม - นักเรียนภายในกลุ่มเดียวกันร่วมกันหาวิธีสร้างโครโมโซมที่มีขนาดเล็กที่สุดจากเส้นด้ายและแกนพลาสติก	ครูจัดสถานการณ์ให้นักเรียนได้ตรวจสอบความเข้าใจเกี่ยวกับการหดตัวของโครโมโซมในกิจกรรมเรื่องส่วนประกอบและการจัดเรียงตัวของโครโมโซม โดยการสร้างโครโมโซมจากเส้นด้ายและแกนพลาสติก	นักเรียนนำเสนอผลกิจกรรมหน้าชั้นเรียนและและอภิปรายลงข้อสรุปโดยเปรียบเทียบความรู้เดิมในกิจกรรมส่วนประกอบและการจัดเรียงตัวของโครโมโซม แล้วได้ข้อสรุปเกี่ยวกับส่วนประกอบและการของโครโมโซม	ให้นักเรียนเรียนรู้เรื่องส่วนประกอบและการจัดเรียงตัวของโครโมโซมโดยการสร้างโครโมโซมที่สั้นที่สุดจากจากเส้นด้ายและแกนพลาสติก
4 เรื่อง โครงสร้าง และ องค์ประกอบ ทางเคมีของ DNA	ใช้คำถามเพื่อสำรวจความรู้เดิมของนักเรียน โดยมีแนวคำถามว่า “DNA ที่นักเรียนรู้จักมีรูปร่างเป็นอย่างไร” และให้นักเรียนเติมองค์ประกอบดีเอ็นเอในภาพดีเอ็นเอ	- นักเรียนทำกิจกรรมเรื่องโครงสร้างและองค์ประกอบของดีเอ็นเอ โดยศึกษาลักษณะและองค์ประกอบดีเอ็นเอจากแบบจำลองดีเอ็นเอ	ครูจัดสถานการณ์ให้นักเรียนได้สร้างความเข้าใจเรื่อง โครงสร้างและองค์ประกอบดีเอ็นเอ โดยศึกษาจากแบบจำลองดีเอ็นเอ	นักเรียนนำเสนอผลการทำกิจกรรมหน้าชั้นเพื่อเปรียบเทียบกับเพื่อนกลุ่มอื่นและชมวิดิทัศน์ โครงสร้างและส่วนประกอบดีเอ็นเอเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของโครงสร้างและองค์ประกอบดีเอ็นเอหน้าชั้นเรียน	ครูจัดกิจกรรมให้นักเรียนเรียนรู้เรื่อง โครงสร้างและองค์ประกอบของดีเอ็นเอ โดยศึกษาแบบจำลองดีเอ็นเอ

ตารางที่ 3.3 (ต่อ)

แผนที่	กรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย				
	1. การนำเอาความรู้เดิมของผู้เรียนในเรื่องที่สอนมาใช้เป็นแนวทางในการสร้างองค์ความรู้ใหม่	2. การให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรม กับครู หรือการมีปฏิสัมพันธ์กันเองระหว่างผู้เรียนเพื่อแสวงหาองค์ความรู้ใหม่	3. การที่ผู้สอนมีบทบาทเป็นผู้เสนอแนะและผู้จัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง	4. การสร้างความหมายจากการอภิปรายแสดงความคิดเห็นกลุ่มใหญ่	5. การใช้เทคนิคอุปมาอุปไมย
5 เรื่อง การจำลอง DNA	ครูใช้คำถามเพื่อสำรวจความรู้เดิมของผู้เรียน โดยการแสดงภาพโครโมโซมที่มี 2 โครมาติด และมีแนวคำถามว่า “sister chromatid เกิดขึ้นได้อย่างไร” และ “ภายใน sister chromatid มี DNA ที่เหมือนกันหรือไม่”	นักเรียนทำกิจกรรม เพื่อสร้างแบบจำลองการจำลอง DNA เพื่อศึกษาว่า DNA ที่เหมือนกันใน sister chromatid เกิดขึ้นได้อย่างไร จากนั้นนักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายวิธีการทำกิจกรรมและผลของกิจกรรม จากนั้นนักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสร้างแบบจำลองของการจำลอง DNA ด้วยตัวต่อกระดูก	ครูจัดสถานการณ์ให้นักเรียนได้ตรวจสอบความเข้าใจเรื่อง การจำลอง DNA ในกิจกรรมการจำลอง DNA โดยสร้างแบบจำลองของการจำลอง DNA จากตัวต่อที่แทน นิวคลีโอไทด์ เอนไซม์ และโปรตีน	นักเรียนนำเสนอผลจากการทำกิจกรรมเปรียบเทียบกับเพื่อนกลุ่มอื่นและชมวิทัศน์เรื่องการถอดรหัส เพื่อเปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่างของการถอดรหัสในวิทัศน์และผลจากกิจกรรมหน้าชั้นเรียนหน้าชั้นเรียน	ครูจัดกิจกรรมให้นักเรียนเรียนรู้เรื่อง การจำลอง DNA โดยการสร้างแบบจำลองของการจำลอง DNA โดยใช้ตัวต่อกระดูกที่แทน นิวคลีโอไทด์ เอนไซม์ และโปรตีน
6 เรื่อง การถอดรหัส (Transcription)	ครูแสดงภาพเซลล์เม็ดเลือดแดงแบบปกติและแบบเป็นโรค sickle cell anemia และให้นักเรียนบอกความสำคัญของ DNA ที่ควบคุมลักษณะของเซลล์เม็ดเลือดแดงโดยมีแนวคำถามว่า “DNA ในนิวเคลียสสามารถควบคุมลักษณะของเซลล์เม็ดเลือดแดงได้อย่างไร”	นักเรียนทำกิจกรรม เรื่อง การถอดรหัส โดยสร้างแบบจำลองของการถอดรหัสที่ใช้ตัวต่อเบสของ นิวคลีโอไทด์เพื่อสร้าง mRNA จากนั้นนักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายผลของกิจกรรมเสร็จแล้วนักเรียนแต่ละกลุ่มจึงร่วมกันสร้างแบบจำลองของการถอดรหัสด้วยตัวต่อกระดูก	ครูจัดสถานการณ์ให้นักเรียนได้สร้างความเข้าใจเรื่อง การถอดรหัส ในกิจกรรม การถอดรหัสโดยสร้างแบบจำลองของการถอดรหัสเกิดเป็น mRNA โดยตัวต่อกระดูก	นักเรียนนำเสนอผลการทำกิจกรรมเปรียบเทียบกับเพื่อนกลุ่มอื่น และชมวิทัศน์เรื่องการถอดรหัส เพื่อเปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่างของการถอดรหัสในวิทัศน์และผลจากกิจกรรมหน้าชั้นเรียน	ครูจัดกิจกรรมให้นักเรียนเรียนรู้เรื่อง การถอดรหัส โดยการสร้างแบบจำลองของการถอดรหัส โดยใช้ตัวต่อกระดูกที่แทน นิวคลีโอไทด์ และ เอนไซม์

ตารางที่ 3.3 (ต่อ)

แผนที่	กรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย				
	1. การนำเอาความรู้เดิมของผู้เรียนในเรื่องที่สอนมาใช้เป็นแนวทางในการสร้างองค์ความรู้ใหม่	2. การให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรม กับครู หรือการมีปฏิสัมพันธ์กันเองระหว่างผู้เรียนเพื่อแสวงหาองค์ความรู้ใหม่	3. การที่ผู้สอนมีบทบาทเป็นผู้เสนอแนะและจัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง	4. การสร้างความหมายจากการอภิปรายแสดงความคิดเห็นกลุ่มใหญ่	5. การใช้เทคนิคอุปมาอุปไมย
7 เรื่อง โคดอนและ การแปลรหัส (Translation)	ครูทบทวนความรู้เรื่องการสร้าง mRNA ที่นักเรียนได้เรียนมาจากกิจกรรมก่อนหน้านี้ โดยถามเกี่ยวกับบทบาทหน้าที่ของ mRNA และสาเหตุในการสร้าง mRNA โดยมีแนวคำถามว่า “จากกิจกรรมที่ผ่านมา เซลล์เม็ดเลือดแดงของมนุษย์มีลักษณะแตกต่างกันซึ่งมีสาเหตุจากอะไร” “รหัสพันธุกรรมบน DNA โปรตีนได้อย่างไร”	นักเรียนทำกิจกรรมเรื่อง โคดอน และ การแปลรหัส โดยสร้างแบบจำลองของการแปลรหัสโดยใช้ตัวต่อเบส mRNA tRNA และ กรดอะมิโน จากนั้นนักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายผลจากการสร้างแบบจำลองการแปลรหัส	ครูจัดสถานการณ์ให้นักเรียนได้สร้างความเข้าใจเรื่อง การแปลรหัส ในกิจกรรมแปลรหัส เพื่อสร้างแบบจำลองของการแปลรหัสเกิดเป็นโพลีเปปไทด์โดยใช้ตัวต่อกระดาด	นักเรียนนำเสนอผลการทำกิจกรรมหน้าชั้นเรียนเพื่อเปรียบเทียบกับเพื่อนกลุ่มอื่น และชมวิดิทัศน์การแปลรหัส เพื่อเปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่างของการถอดรหัสในวิดิทัศน์และผลจากกิจกรรมหน้าชั้นเรียน	ครูจัดกิจกรรมให้นักเรียนเรียนรู้เรื่อง การแปลรหัส โดยการสร้างแบบจำลองของการแปลรหัส โดยใช้ตัวต่อกระดาดที่แทนนิวคลีโอไทด์

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัย

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 1

ในการตอบคำถามวิจัยข้อที่ 1 ที่ถามว่า “นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีแนวคิดเรื่อง ยีนและโครโมโซม อย่างไร หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย” ผู้วิจัยใช้แบบวัดแนวคิด เรื่องยีนและโครโมโซม ซึ่งเป็นข้อคำถามปลายเปิด ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัย

การสร้างเครื่องมือเพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 1

เครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจแนวคิดของนักเรียนหลังผ่านการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย คือ แบบวัดแนวคิดเรื่อง ยีนและโครโมโซม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งครอบคลุมแนวคิดหลัก 5 แนวคิด คือ 1) ความสัมพันธ์ระหว่าง ยีนและโครโมโซม 2) โครโมโซม 3) โครงสร้างดีเอ็นเอ 4) องค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ และ 5) สมบัติของสารพันธุกรรม ซึ่งแบบวัดนี้เป็นคำถามปลายเปิด จำนวน 5 ฉบับ จำนวน 15 ข้อ โดยแต่ละฉบับวัดแนวคิดหลัก 1-2 แนวคิด ผู้วิจัยสร้างแบบวัด ขึ้นโดยปรับปรุงมาจากแบบวัดแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พันธุศาสตร์โมเลกุล ของ พิศเนตร อุทัยไชย (2553) และแบบสำรวจแนวคิดเรื่องพันธุศาสตร์ ของนักเรียนเตรียมทหาร และ จิตตินันท์ สาตะนิมิ (2550) ซึ่งมีขั้นตอนการสร้างดังนี้

ขั้นที่ 1 ศึกษาเอกสาร หนังสือ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง คือ ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 หนังสือเรียนและคู่มือครู เพื่อวิเคราะห์หาแนวคิดที่สำคัญในเรื่อง ยีนและโครโมโซม และศึกษาเอกสารและการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างเครื่องมือวัดแนวคิด วิทยาศาสตร์ของนักเรียน

ขั้นที่ 2 สร้างโครงสร้างของแบบวัดแนวคิด ข้อคำถาม และกรอบของคำตอบ

ขั้นที่ 3 นำแบบวัดแนวคิดที่สร้างขึ้น ทุกฉบับ รวมทั้งโครงสร้างของแบบวัดเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง เชิงโครงสร้างและความถูกต้องเชิงเนื้อหาของ แบบวัด ความเหมาะสมของข้อคำถามและคำตอบ รวมทั้งความเหมาะสมของภาพประกอบ และความถูกต้องของภาษา แล้วนำแบบวัดมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

ขั้นที่ 4 นำแบบวัดแนวคิด ทุกฉบับที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์ศึกษา และการสอนชีววิทยา ดังรายนามที่กล่าวไปแล้วในการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ ตรวจสอบความตรงเชิง โครงสร้างและความตรงเชิง เนื้อหา ความเหมาะสมของข้อคำถามและคำตอบ ภาพประกอบ และความถูกต้องของภาษา จากนั้นนำแบบวัดมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะอีกครั้ง

ในการหาความตรงเชิงเนื้อหา ผู้วิจัยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบวัดแนวคิดกับแนวคิดที่ต้องการวัด (IOC) หรือ Index of congruence โดยพิจารณาความคิดเห็นให้คะแนนดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าแบบวัดข้อนั้นเป็นตัวแทนวัดแนวคิดเรื่องยีนและโครโมโซมได้

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าแบบวัดข้อนั้นเป็นตัวแทนวัดแนวคิดเรื่องยีนและโครโมโซมได้

-1 เมื่อแน่ใจว่าแบบวัดข้อนั้นเป็นตัวแทนวัดแนวคิดเรื่องยีนและโครโมโซมไม่ได้

และนำคะแนนที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญมาคำนวณจากสูตร

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

เมื่อ IOC หมายถึง ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบวัดแนวคิดกับแนวคิดที่ต้องการทดสอบ

$\sum R$ หมายถึง ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญแนวคิดทั้งหมด
 N หมายถึง จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

ถ้าค่าดัชนี IOC ที่คำนวณได้มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 ถือว่าแบบวัดข้อนั้นเป็นตัวแทนของแนวคิดที่จะวัด ถ้าค่าดัชนี IOC ต่ำกว่า 0.5 ถือว่าแบบวัดข้อนั้นไม่สามารถเป็นตัวแทนของแนวคิดที่จะวัดได้ แบบวัดข้อนั้นจะถูกตัดออกไปหรือปรับปรุงแก้ไขให้ดีขึ้น และจากการที่ผู้วิจัยนำแบบวัดแนวคิดให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและแก้ไขตามข้อเสนอแนะแล้วนั้น พบว่าค่า IOC ของงานวิจัยนี้ทั้ง 15 ข้อ ทุกข้อมีค่าเท่ากับ 1

ขั้นที่ 5 นำแบบวัดแนวคิดทุกฉบับไปทดลองใช้กับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกับกลุ่มที่ศึกษา เพื่อตรวจสอบความเข้าใจของภาษา ที่ใช้ในการสื่อความหมายของข้อคำถาม ภาพประกอบ และเวลาที่เหมาะสมในการทำแบบวัดแนวคิด แต่ละฉบับ จากนั้นนำแบบวัดแนวคิดมาปรับปรุงแก้ไขอีกครั้ง

ขั้นที่ 6 ส่งแบบวัดแนวคิดที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ตรวจสอบความเหมาะสมของภาษา และภาพประกอบอีกครั้ง จากนั้นปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

ขั้นที่ 7 นำแบบวัดแนวคิดไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มที่ศึกษา โดย รายละเอียดของแบบวัดแนวคิดแต่ละฉบับและระยะเวลาที่ใช้ในการทำแบบวัดแต่ละฉบับแสดง ในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 แบบวัดแนวคิด เรื่อง ยีน และโครโมโซม และระยะเวลาที่ใช้ในการทำแบบวัด แนวคิดแต่ละฉบับ

แบบวัดแนวคิดฉบับที่	ชื่อแนวคิดหลักและแนวคิดย่อย	ระยะเวลาที่ใช้
1	1. ความสัมพันธ์ระหว่างยีนและโครโมโซม 2. โครโมโซม 2.1 รูปร่างลักษณะโครโมโซม 2.2 ส่วนประกอบของโครโมโซม	20 นาที
2	3. โครงสร้างของดีเอ็นเอ 4. องค์ประกอบของดีเอ็นเอ	20 นาที
3	5. สมบัติของสารพันธุกรรม 5.1 การจำลองดีเอ็นเอ	30 นาที
4	5.2 การถอดรหัส	20 นาที
5	5.3. โคดอน 5.4. การแปลรหัส	20 นาที
รวม	5 แนวคิดหลัก	1 ชั่วโมง 50 นาที

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 2

ในการตอบคำถามวิจัยข้อที่ 2 ที่ถามว่า “การจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับการอุปมาอุปไมย ควรมีแนวทางในการจัด อย่างไร เพื่อช่วยให้นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่อง ยีนและโครโมโซม” ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้ 3 เครื่องมือ คือ 1) บันทึกหลังสอนของครู 2) วีดิทัศน์การสอนของครู และ 3) อนุทินของนักเรียน โดยมีวิธีการสร้างกรอบแนวคิดในการสังเกตและบันทึก สะท้อนความคิด ดังนี้

2.2.1 บันทึกหลังสอนของครู

ขั้นที่ 1 สร้างกรอบแนวคิดตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย คือ 1) การนำเอาความรู้เดิมของผู้เรียนในเรื่องที่สอนมาใช้เป็นแนวทางในการสร้างองค์ความรู้ใหม่ 2) การให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรมกับครู หรือ

การมีปฏิสัมพันธ์กันเองระหว่างผู้เรียนเพื่อแสวงหาองค์ความรู้ใหม่ 3) การที่ผู้สอนมีบทบาทเป็นผู้เสนอแนะและจัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง 4) การสร้างความหมายจากการอภิปรายแสดงความคิดเห็น และ 5) การใช้เทคนิคอุปมาอุปไมย โดยในแต่ละกรอบแนวคิดทำการบันทึกหลังสอนในประเด็น ปัญหาและอุปสรรค แนวทางแก้ไข และสิ่งที่ได้เรียนรู้

ขั้นที่ 2 นำกรอบแนวคิดและประเด็นในการ บันทึกหลัง สอนเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความเหมาะสม ของกรอบแนวคิดและความครอบคลุมของประเด็นในการบันทึก จากนั้นปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

ขั้นที่ 3 นำบันทึกหลังสอนที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอให้ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา และ ด้านการสอนชีววิทยา ตรวจสอบความเหมาะสม ของกรอบแนวคิดและความครอบคลุมของประเด็นในการบันทึก จากนั้นนำบันทึกหลัง สอนมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

ขั้นที่ 4 นำบันทึกหลัง สอนให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบอีกครั้งก่อนนำบันทึกหลังสอนไปใช้ควบคู่กับแผนการจัดการเรียนรู้

2.2.2 วิธีทัศนัยการสอน

วิธีทัศนัยการสอน เป็นเครื่องมือวิจัยเพื่อช่วยให้ผู้วิจัยสามารถทำการสังเกตการปฏิบัติการสอนของตนเองได้อย่างครอบคลุม ทั้ง พฤติกรรมของ ตนเอง (ครู) และ พฤติกรรมของนักเรียน รวมทั้งบทสนทนาระหว่างครูและนักเรียน ตามกรอบแนวคิดของทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย โดยก่อนบันทึกวิธีทัศนัยการสอนเพื่อเก็บข้อมูลจริง ผู้วิจัยได้ทดลองบันทึกวิธีทัศนัยการสอนของตนเองในบทเรียนก่อนหน้าเพื่อให้นักเรียนและตัวผู้วิจัยเกิดความคุ้นเคยกับการถูกบันทึกวิธีทัศนัย เพื่อช่วยให้พฤติกรรมที่แสดงออกเป็นไปตามธรรมชาติมากที่สุด

2.2.3 อนุทินของนักเรียน

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยใช้อนุทินของนักเรียนเพื่อ เป็นข้อมูลสนับสนุน (Support data source) ในการตอบคำถามวิจัยข้อที่ 2 โดยอนุทินของนักเรียนเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้ผู้วิจัยทราบว่าผู้เรียนมีความรู้สึก ปัญหาอุปสรรค และข้อเสนอแนะเกี่ยวกับกิจกรรมการ

เรียนรู้ที่ผู้วิจัยจัดให้อย่างไร (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2550) โดยมีขั้นตอนการสร้าง กรอบแนวคิดในการให้นักเรียนเขียนอนุทิน ดังนี้

ขั้นที่ 1 กำหนดประเด็นในการบันทึกอนุทินของนักเรียน ตามกรอบแนวคิดตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย ได้แก่ 1) การนำเอาความรู้เดิมของผู้เรียนในเรื่องที่สอนมาใช้เป็นแนวทางในการสร้างองค์ความรู้ใหม่ 2) การให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรมกับครู หรือการมีปฏิสัมพันธ์กันเองระหว่างผู้เรียนเพื่อแสวงหาองค์ความรู้ใหม่ 3) การที่ผู้สอนมีบทบาทเป็นผู้เสนอแนะและผู้จัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง 4) การสร้างความหมายจากการอภิปรายแสดงความคิดเห็น 5) ความรู้สึกที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ และ 6) ปัญหาและข้อเสนอแนะในการปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 2 นำกรอบแนวคิดและประเด็นในการเขียนอนุทินของนักเรียน เสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความเหมาะสม ของกรอบแนวคิดและความครอบคลุมของประเด็นในการบันทึก จากนั้นปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

ขั้นที่ 3 นำกรอบแนวคิดและประเด็นในการเขียนอนุทินของนักเรียน ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว เสนอให้ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา และ ด้านการสอนชีววิทยา ตรวจสอบความเหมาะสม ของกรอบแนวคิดและความครอบคลุมของประเด็นในการบันทึก จากนั้นทำการปรับปรุงแก้ไขกรอบแนวคิดและประเด็นในการเขียนอนุทินของนักเรียน ตามคำแนะนำ

ขั้นที่ 4 นำอนุทินของนักเรียน ให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบอีกครั้ง ก่อนนำไปให้นักเรียนเขียนหลังเรียนในแผนการจัดการเรียนรู้ต่างๆ ที่ผู้วิจัยออกแบบขึ้น

การเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

1. การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 1

ผู้วิจัยเตรียมความพร้อมก่อนการวัดแนวคิด โดยทำข้อตกลงกับนักเรียนเกี่ยวกับเวลาที่ใช้ในการทำ แบบวัดแนวคิด ชี้แจงวัตถุประสงค์ของแบบวัดแนวคิด อธิบายคำชี้แจงเพื่อให้ นักเรียนเห็นถึงความสำคัญของการทำแบบวัด และสร้างความไว้วางใจแก่นักเรียนว่าจะไม่มีการเปิดเผยข้อมูลของนักเรียน เพื่อให้นักเรียนตอบแบบวัดแนวคิดอย่างเต็มความสามารถ เมื่อ นักเรียนทำแบบวัดแนวคิดเสร็จแล้ว ผู้วิจัยตรวจสอบความครบถ้วนของข้อมูลในการตอบแบบ

วัดแนวคิดของนักเรียน อีกครั้ง จากนั้นกล่าวขอขอบใจ นักเรียนด้วยความจริงใจ โดยรายละเอียดของการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบวัดแนวคิดแต่ละฉบับแสดงในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 แผนการจัดการเรียนรู้ ชื่อแนวคิด และการใช้แบบวัดแนวคิดเรื่องยีนและโครโมโซม

แผนการจัดการเรียนรู้	ชื่อแนวคิดหลักและแนวคิดย่อย	การใช้แบบวัดแนวคิด
แผนที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างยีนและโครโมโซม	1. ความสัมพันธ์ระหว่างยีนและโครโมโซม	แบบวัดแนวคิด ฉบับที่ 1 ใช้วัดแนวคิดของนักเรียนหลังเรียนจบแผนที่ 3
แผนที่ 2 โครโมโซม	2. โครโมโซม 2.1 รูปร่างลักษณะโครโมโซม	
แผนที่ 3 ส่วนประกอบของโครโมโซม	2.2 ส่วนประกอบของโครโมโซม	
แผนที่ 4 โครงสร้างและองค์ประกอบของดีเอ็นเอ	3. โครงสร้างของดีเอ็นเอ 4. องค์ประกอบของดีเอ็นเอ	แบบวัดแนวคิด ฉบับที่ 2 ใช้วัดแนวคิดของนักเรียนหลังเรียนจบแผนที่ 4
แผนที่ 5 การจำลองดีเอ็นเอ	5. สมบัติของสารพันธุกรรม 5.1 การจำลองดีเอ็นเอ	แบบวัดแนวคิด ฉบับที่ 3 ใช้วัดแนวคิดของนักเรียนหลังเรียนจบแผนที่ 5
แผนที่ 6 การถอดรหัส	5.2 การถอดรหัส	แบบวัดแนวคิด ฉบับที่ 4 ใช้วัดแนวคิดของนักเรียนหลังเรียนจบแผนที่ 6
แผนที่ 7 การแปลรหัส	5.3. โคดอน 5.4 การแปลรหัส	แบบวัดแนวคิด ฉบับที่ 5 ใช้วัดแนวคิดของนักเรียนหลังเรียนจบแผนที่ 7

2. การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 1

ผู้วิจัยนำคำตอบที่ได้ จากการ เก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบวัดแนวคิดเรื่องยีนและโครโมโซม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎี การสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย มาวิเคราะห์คำตอบรายข้อ โดยอ่านคำตอบของนักเรียนทุกคนทีละข้ออย่างละเอียด และจัดแบ่งกลุ่มคำตอบของนักเรียน โดยใช้กรอบแนวคิดของอาทิตยา จิตรเอื้อเพื่อ (2553) ที่ปรับปรุงมาจาก Haidar (1997) ซึ่งจัดแบ่งกลุ่มแนวคิดเป็น 5 กลุ่ม ดังแสดงในตารางที่ 3.5 จากนั้นหาคำร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่มคำตอบ ดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 เกณฑ์ในการจัดจำแนกกลุ่มแนวคิดโดยใช้กรอบแนวคิดของ อาทิตยา จิตรเอื้อเพื่อ (2553) ที่ปรับปรุงมาจาก Haidar (1997)

กลุ่มแนวคิด	ความหมาย	ตัวอย่างแนวคิดเรื่อง ส่วนประกอบของโครโมโซม
1. แนวคิด วิทยาศาสตร์ (Scientific conception: SC)	คำตอบที่แสดงให้เห็นถึงความ เข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ทั้งหมด	ดีเอ็นเอชิดตัวพันกับโปรตีนฮิสโตน กลายเป็นนิวคลีโอโซมเริ่มชิดตัวเป็นโคร มาติน และโครมาตินชิดตัวคล้ายสปริง เรียกว่า “คอยล์” จนเป็นแท่งโครมาติด และโครมาติดจับกับโครมาติดที่ เหมือนกันที่บริเวณเซนโทรเมียร์ เรียกว่า โครโมโซม
2. แนวคิด วิทยาศาสตร์แบบไม่ สมบูรณ์ (Partial conception: PC)	คำตอบที่อย่างน้อยหนึ่ง องค์ประกอบเป็นไปตามแนวทาง วิทยาศาสตร์ ส่วนองค์ประกอบ อื่นๆ ไม่กล่าวถึง	ดีเอ็นเอจับกับโปรตีนฮิสโตน แล้วชิดเป็น นิวคลีโอโซมเป็นโครโมโซม
3. แนวคิด วิทยาศาสตร์แบบไม่ สมบูรณ์และแนวคิด คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial conception & Complete misconception: PC&CM)	คำตอบที่อย่างน้อยหนึ่ง องค์ประกอบเป็นไปตามแนวทาง วิทยาศาสตร์ แต่มีบาง องค์ประกอบมีแนวคิดไม่ถูกต้อง ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์	นิวคลีโอโซมชิดตัวแน่นเรื่อยๆ เรียกว่า “คอยล์” ชิดตัวหนาขึ้นเป็นโครมาติด และโครมาติดจำลองตัวเองขึ้นอีกแท่ง หนึ่ง และมาเชื่อมติดด้วยเซนโทรเมียร์ กลายเป็นโครโมโซม
4. แนวคิด คลาดเคลื่อน (Complete misconception: CM)	คำตอบที่ไม่ถูกต้องตามแนวคิด วิทยาศาสตร์	การชิดตัวของโครโมโซมในนิวคลีโอโซม จะเป็นดีเอ็นเอและดีเอ็นเอชิดแน่น เรื่อยๆจนกลายเป็นโครโมโซม
5. ไม่มีแนวคิด (No response: NR)	คำตอบที่ไม่เกี่ยวข้องกับแนวคิด วิทยาศาสตร์ในเรื่องที่ถาม หรือ ตอบว่าไม่ทราบ ไม่รู้ หรือ ไม่ตอบ คำถาม	ไม่ตอบคำถาม

3. การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 2

ผู้วิจัยใช้บันทึกหลังสอน วิดีทัศน์การสอน และอนุทินของนักเรียน ดังนี้ ก่อนการจัดการเรียนการสอนในแต่ละคาบ ผู้วิจัย เตรียมกล้องถ่ายวีดิทัศน์ และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องต่างๆ ให้พร้อม เพื่อบันทึกการจัดการเรียนการสอนของตนเองตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎี การสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย เมื่อเริ่มสอนทำการบันทึกการสอนของตนเอง หลังจากสอนเสร็จ ผู้วิจัย ให้เวลานักเรียนเขียนอนุทินตาม ประเด็นที่กำหนด และให้นักเรียนส่งอนุทินก่อนหมดคาบเรียน หรือเป็นการบ้านเมื่อหมดคาบเรียน ผู้วิจัย เขียนบันทึกหลังสอนตามกรอบแนวคิดที่สร้าง ขึ้นทันทีเพื่อมิให้หลงลืมประเด็นสำคัญ จากนั้นผู้วิจัยนำวีดิทัศน์ที่บันทึกการสอน ของตนเองที่ผ่านมา กลับมาย้อนดูอีกครั้ง และบันทึกหลัง สอนเพิ่มเติม ผู้วิจัยตรวจสอบความครอบคลุมของการบันทึกหลังสอนตามกรอบแนวคิดและประเด็นที่กำหนดอีกครั้ง จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ข้อมูล

4. การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 2

ในการตอบคำถามวิจัยข้อที่ 2 ที่ถามว่า “การจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมยควรมีแนวทางการจัดอย่างไร เพื่อช่วยให้นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง ยีนและโครโมโซม” ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากบันทึกหลังสอน วิดีทัศน์การสอน และอนุทินของนักเรียน โดยใช้วิธีวิเคราะห์ข้อมูลแบบอุปนัย (Inductive analysis) (ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์, 2554) โดยมีขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

ขั้นที่ 1 อ่านบันทึกหลังสอน และอนุทินของนักเรียน หลังสอนด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ตามกรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย ในประเด็นปัญหาที่พบ แนวทางการแก้ไข และสิ่งที่ได้เรียนรู้ อย่างละเอียด

ขั้นที่ 2 จำแนกปัญหาที่พบ แนวทางการแก้ไข และสิ่งที่ได้เรียนรู้ ของแผนที่ 1 สรุปเป็นองค์ความรู้ที่ได้จากการปฏิบัติการสอนในแผนที่ 1

ขั้นที่ 3 นำองค์ความรู้ที่ได้จากแผนที่ 1 ไปใช้เพื่อพัฒนาแผนต่อไป

ขั้นที่ 4 ทำขั้นที่ 1 ถึง ขั้นที่ 3 ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่เหลือที่ละแผนตามลำดับ

ขั้นที่ 5 จากองค์ความรู้ที่ได้จากการปฏิบัติการสอนในแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 7 แผน ผู้วิจัยอ่านองค์ความรู้ทั้งหมดอย่างละเอียดรวมทั้งหลักฐานสนับสนุน ตามกรอบ แนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย เพื่อมองหารูปแบบ (Pattern หรือ Theme) ของแนวทาง ในการสอนที่ ช่วยให้นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์

ขั้นที่ 6 สรุปข้อค้นพบ (Common findings) ของแนวทางที่พบในการจัดการเรียนการสอนตามกรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย ที่ช่วยให้นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแนวคิดเรื่องยีนและโครโมโซมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย และเพื่อค้นหา แนวทาง ในการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมยที่ช่วยให้นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง ยีนและโครโมโซม โดยในการรายงานผลการวิจัยจะรายงานตามคำถามวิจัย ดังนี้

คำถามวิจัยข้อที่ 1 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีแนวคิดเรื่องยีนและโครโมโซมอย่างไร หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย

คำถามวิจัยข้อที่ 2 การจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย ควรมีแนวทางการจัดอย่างไร ที่ช่วยให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่องยีนและโครโมโซม

ผลการวิจัยของคำถามวิจัยข้อที่ 1

แนวคิดเรื่องยีนและโครโมโซมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย

ในการตอบคำถามวิจัยข้อที่ 1 ผู้วิจัยทำการสำรวจแนวคิด เรื่อง ยีนและโครโมโซม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 40 คน ของโรงเรียนหอมาลีวิทยา (นามสมมติ) ที่ผ่านการเรียนรู้ เรื่อง ยีนและโครโมโซม ตามทฤษฎี การสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2554 โดยใช้แบบวัดแนวคิดเรื่องยีนและโครโมโซม จำนวน 5 ฉบับ คือ ฉบับที่ 1 เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างยีน และโครโมโซม และโครโมโซม ฉบับที่ 2 เรื่อง โครงสร้างของดีเอ็นเอ และองค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ ฉบับที่ 3 เรื่อง สมบัติของสารพันธุกรรม (การจำลองดีเอ็นเอ (DNA Replication)) ฉบับที่ 4 เรื่อง สมบัติของสารพันธุกรรม (การถอดรหัส (Transcription)) และ ฉบับที่ 5 เรื่อง สมบัติของสารพันธุกรรม (โคดอน (Codon) และการแปลรหัส (Translation)) จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการอ่านคำตอบของนักเรียนอย่างละเอียด จากนั้นตีความหมายและจัด

กลุ่มคำตอบตามแนวคิดของอาทียา จิตรเอื้อเพื่อ (2553) ที่ปรับปรุงมาจาก Haidar (1997) รายละเอียดของกรอบการวิเคราะห์ข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 3.6 บทที่ 3

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎี การสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมยในเรื่องยีนและโครโมโซม ส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) ในเรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างยีนและโครโมโซม รูปร่างและลักษณะของโครโมโซม องค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ และโคดอน ส่วนเรื่อง โครงสร้างดีเอ็นเอ และการถอดรหัส พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) และจากการวิจัย พบว่า ไม่มีนักเรียนที่ไม่ ตอบคำถาม (NR) อย่างไรก็ตาม หลังจากเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎี การสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมยในเรื่องยีนและโครโมโซมแล้ว พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ยังคงมีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) ในเรื่อง ส่วนประกอบของโครโมโซม การจำลองดีเอ็นเอ และการแปลรหัส ดังแสดงผลการวิจัยในภาพรวมในตารางที่ 4. 1 ในการนำเสนอผลการวิจัยในรายละเอียด ผู้วิจัยขอนำเสนอแยกตามแนวคิดหลัก

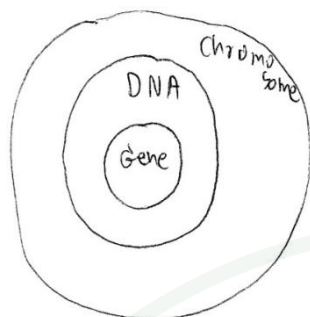
ตารางที่ 4.1 จำนวนและร้อยละของนักเรียนจำแนกตามกลุ่มแนวคิด เรื่อง ยีนและโครโมโซม
(N = 40 คน)

แนวคิด	จำนวนและร้อยละของนักเรียนจำแนกตามกลุ่มแนวคิด				
	SC	PC	PC&CM	CM	NR
1. ความสัมพันธ์ระหว่างยีนและโครโมโซม	22 (55.00)	-	18 (45.00)	-	-
2. โครโมโซม					
2.1 รูปร่างและลักษณะของโครโมโซม	21 (52.50)	16 (40.00)	3 (7.50)	-	-
2.2 ส่วนประกอบและการจัดเรียงตัวของโครโมโซม	10 (25.00)	6 (15.00)	23 (57.50)	1 (2.50)	-
3. โครงสร้าง DNA	1 (2.50)	33 (82.50)	6 (15.00)	-	-
4. องค์ประกอบทางเคมีของ DNA	33 (82.50)	6 (15.00)	1 (2.50)	-	-
5. สมบัติของสารพันธุกรรม					
5.1 การจำลอง DNA (DNA replication)	5 (12.50)	13 (32.50)	22 (55.00)	-	-
5.2 การถอดรหัส (Transcription)	4 (10.00)	22 (55.00)	13 (32.50)	1 (2.50)	-
5.3 โคดอน (Codon)	36 (90.00)	2 (5.00)	1 (2.50)	1 (2.50)	-
5.4 การแปลรหัส (Translation)	-	2 (5.00)	38 (95.00)	-	-

หมายเหตุ: SC คือ แนวคิดวิทยาศาสตร์ PC คือ แนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์
PC&CM คือ แนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อน
บางส่วน CM คือ แนวคิดคลาดเคลื่อน NR คือ ไม่ตอบคำถาม

1. แนวคิด เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างยีนและโครโมโซม

ในการสำรวจแนวคิดเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างยีนและโครโมโซม ผู้วิจัยให้นักเรียนวาดแผนภาพเวนน - ออยเลอร์เพื่อแสดงความสัมพันธ์ของยีน ดีเอ็นเอ และโครโมโซม พร้อมทั้งอธิบายความสัมพันธ์จากภาพ จากผลการวิจัย พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) (ร้อยละ 55.00) โดยเข้าใจว่ายีนเป็นส่วนหนึ่งของดีเอ็นเอที่อยู่บนโครโมโซม ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในภาพที่ 4.1



Gene อยู่ใน Chromosome

นักเรียนหมายเลข 38



DNA อยู่ในโครโมโซม

นักเรียนหมายเลข 40



ยีนเป็นส่วนหนึ่งของ DNA อยู่ในโครโมโซม

นักเรียนหมายเลข 13

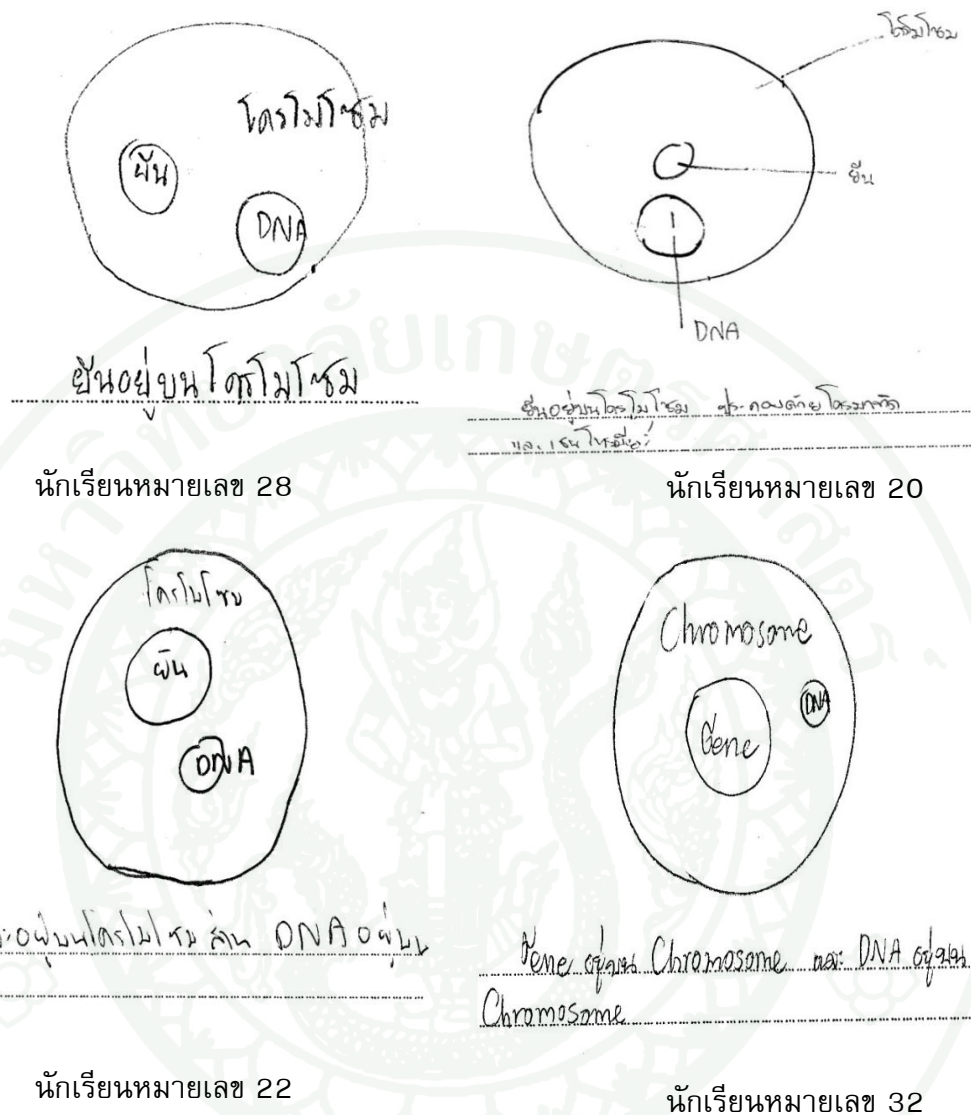


ยีนอยู่บนโครโมโซม เนื่องจากยีนถูกห่อหุ้ม
บางประการ ที่คล้ายกัน

นักเรียนหมายเลข 27

ภาพที่ 4.1 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างยีนและโครโมโซม

รองลงมาพบว่า นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) (ร้อยละ 45.00) โดยนักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างยีน ดีเอ็นเอ และโครโมโซม ในเชิงโครงสร้างได้ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างยีนและโครโมโซม

อย่างไรก็ตาม หลังเรียน ไม่พบว่ามึนักเรียนคนใดที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน หรือไม่มีแนวคิด ในเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างยีน และโครโมโซม

2. แนวคิด เรื่อง โครโมโซม

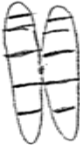
2.1 รูปร่างและลักษณะของโครโมโซม

ในการสำรวจแนวคิดเรื่อง รูปร่างและลักษณะของโครโมโซม ผู้วิจัยให้นักเรียนวาดภาพโครโมโซมในกลุ่มต่างๆ และอธิบายภาพที่วาด จากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) (ร้อยละ 52.50) โดยนักเรียนวาดภาพและระบุตำแหน่งเซนโทรเมียร์และโครมาติดได้ถูกต้อง และสามารถชี้ตำแหน่งเซนโทรเมียร์เพื่อจำแนกและอธิบายลักษณะโครโมโซมได้ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในภาพที่ 4.3

ภาพโครโมโซมกลุ่ม เมตาเซนตริก (metacentric)	ภาพโครโมโซมกลุ่ม ซับเมตาเซนตริก (submetacentric)	ภาพโครโมโซมกลุ่ม อโครเซนตริก (acrocentric)	ภาพโครโมโซมกลุ่ม เทโลเซนตริก (telocentric)
			
เกณฑ์ที่ใช้ในการจัด โครโมโซมให้อยู่ในกลุ่ม เมตาเซนตริก คือ เซนโทรเมียร์จะอยู่กึ่งกลาง ทำให้แขนทั้งสองด้าน ยาวเท่ากัน	เกณฑ์ที่ใช้ในการจัด โครโมโซมให้อยู่ในกลุ่ม ซับเมตาเซนตริก คือ เซนโทรเมียร์จะอยู่ค่อนข้าง ไปทางข้างหนึ่งเล็กน้อย ทำให้แขนทั้งสองด้าน ยาวใกล้เคียงกัน	เกณฑ์ที่ใช้ในการจัด โครโมโซมให้อยู่ในกลุ่ม อโครเซนตริก คือ เซนโทรเมียร์จะอยู่ค่อนข้าง ไปทางข้างหนึ่งมาก ทำให้แขนข้างหนึ่งสั้น กว่าอีกแขนหนึ่งเล็กน้อย	เกณฑ์ที่ใช้ในการจัด โครโมโซมให้อยู่ในกลุ่ม เทโลเซนตริก คือ เซนโทรเมียร์จะอยู่ทางด้าน หนึ่งของโครโมโซม ทำให้แขนข้างหนึ่งยาว กว่าอีกแขนหนึ่งมาก

นักเรียนหมายเลข 15

ภาพที่ 4.3 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มี แนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) เรื่อง รูปร่างและลักษณะของโครโมโซม

ภาพโครโมโซมกลุ่ม เมตาเซนตริก (metacentric)	ภาพโครโมโซมกลุ่ม ซับเมตาเซนตริก (submetacentric)	ภาพโครโมโซมกลุ่ม อโครเซนตริก (acrocentric)	ภาพโครโมโซมกลุ่ม เทโลเซนตริก (telocentric)
			
เกณฑ์ที่ใช้ในการจัด โครโมโซมให้อยู่ในกลุ่ม เมตาเซนตริก คือ ระยะห่างระหว่างเซนโทรเมอร์ กับแขนทั้งสองข้างของ โครโมโซม ทำให้สั้นลง จากโครโมโซมทั้ง ๒ ข้างเท่ากัน	เกณฑ์ที่ใช้ในการจัด โครโมโซมให้อยู่ในกลุ่ม ซับเมตาเซนตริก คือ เซนโทรเมอร์อยู่ ไม่อยู่กึ่งกลาง ทำให้ ปลายทั้ง ๒ ข้างไม่ เท่ากัน	เกณฑ์ที่ใช้ในการจัด โครโมโซมให้อยู่ในกลุ่ม อโครเซนตริก คือ ดูจากหางปลายยาว เซนโทรเมอร์ น้อย ปลายอีกด้านหนึ่งจะ หดสั้นลง จนแทบ มองไม่เห็น	เกณฑ์ที่ใช้ในการจัด โครโมโซมให้อยู่ในกลุ่ม เทโลเซนตริก คือ เซนโทรเมอร์อยู่ ด้านหนึ่งสุด ทำให้ อีกข้างหนึ่งหายไป

นักเรียนหมายเลข 16

ภาพโครโมโซมกลุ่ม เมตาเซนตริก (metacentric)	ภาพโครโมโซมกลุ่ม ซับเมตาเซนตริก (submetacentric)	ภาพโครโมโซมกลุ่ม อโครเซนตริก (acrocentric)	ภาพโครโมโซมกลุ่ม เทโลเซนตริก (telocentric)
			
เกณฑ์ที่ใช้ในการจัด โครโมโซมให้อยู่ในกลุ่ม เมตาเซนตริก คือ เซนโทรเมอร์อยู่ตรงกลาง	เกณฑ์ที่ใช้ในการจัด โครโมโซมให้อยู่ในกลุ่ม ซับเมตาเซนตริก คือ เซนโทรเมอร์อยู่ ข้างบนหรือข้างล่าง ข้างบนหรือข้างล่าง กลาง	เกณฑ์ที่ใช้ในการจัด โครโมโซมให้อยู่ในกลุ่ม อโครเซนตริก คือ เซนโทรเมอร์อยู่ใกล้กับ ข้างบนและอีกข้างยาว โครโมโซมสั้นๆ (หาง)	เกณฑ์ที่ใช้ในการจัด โครโมโซมให้อยู่ในกลุ่ม เทโลเซนตริก คือ เซนโทรเมอร์อยู่ใกล้กับ ด้านหนึ่งและอีกด้านหนึ่ง (หักสั้นไป)

นักเรียนหมายเลข 28

ภาพที่ 4.3 (ต่อ)

รองลงมาพบว่านักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) (ร้อยละ 40.00) โดยนักเรียนสามารถระบุชนิดของโครโมโซมโดยใช้ตำแหน่งเซนโทรเมอร์ได้ แต่ไม่

สามารถอธิบายลักษณะโครมาติดของโครโมโซมในกลุ่มซับเมตาเซนทริก (Submetacentric) และโครโมโซมในกลุ่มอโครเซนทริก (Acrocentric) ได้ ดังแสดงตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในภาพที่ 4.4

ภาพโครโมโซมกลุ่ม ซับเมตาเซนทริก (submetacentric)	ภาพโครโมโซมกลุ่ม อโครเซนทริก (acrocentric)	ภาพโครโมโซมกลุ่ม ซับเมตาเซนทริก (submetacentric)	ภาพโครโมโซมกลุ่ม อโครเซนทริก (acrocentric)
			
เกณฑ์ที่ใช้ในการจัด โครโมโซมให้อยู่ในกลุ่ม ซับเมตาเซนทริก คือ <u>กำหนดแบ่งโครโมโซมให้อยู่</u> <u>ที่ปลายของโครโมโซม</u> <u>ที่ปลายของโครโมโซม</u> <u>ที่ปลายของโครโมโซม</u>	เกณฑ์ที่ใช้ในการจัด โครโมโซมให้อยู่ในกลุ่ม อโครเซนทริก คือ <u>กำหนดแบ่งโครโมโซมให้อยู่</u> <u>ที่ปลายของโครโมโซม</u> <u>ที่ปลายของโครโมโซม</u> <u>ที่ปลายของโครโมโซม</u>	เกณฑ์ที่ใช้ในการจัด โครโมโซมให้อยู่ในกลุ่ม ซับเมตาเซนทริก คือ <u>กลุ่มที่ปลายของโครโมโซม</u> <u>ที่ปลายของโครโมโซม</u> <u>ที่ปลายของโครโมโซม</u> <u>ที่ปลายของโครโมโซม</u>	เกณฑ์ที่ใช้ในการจัด โครโมโซมให้อยู่ในกลุ่ม อโครเซนทริก คือ <u>กลุ่มที่ปลายของโครโมโซม</u> <u>ที่ปลายของโครโมโซม</u> <u>ที่ปลายของโครโมโซม</u> <u>ที่ปลายของโครโมโซม</u>

นักเรียนหมายเลข 5

นักเรียนหมายเลข 6

ภาพโครโมโซมกลุ่ม ซับเมตาเซนทริก (submetacentric)	ภาพโครโมโซมกลุ่ม อโครเซนทริก (acrocentric)	ภาพโครโมโซมกลุ่ม ซับเมตาเซนทริก (submetacentric)	ภาพโครโมโซมกลุ่ม อโครเซนทริก (acrocentric)
			
เกณฑ์ที่ใช้ในการจัด โครโมโซมให้อยู่ในกลุ่ม ซับเมตาเซนทริก คือ <u>โครโมโซมที่ปลายของโครโมโซม</u> <u>ที่ปลายของโครโมโซม</u> <u>ที่ปลายของโครโมโซม</u> <u>ที่ปลายของโครโมโซม</u>	เกณฑ์ที่ใช้ในการจัด โครโมโซมให้อยู่ในกลุ่ม อโครเซนทริก คือ <u>โครโมโซมที่ปลายของโครโมโซม</u> <u>ที่ปลายของโครโมโซม</u> <u>ที่ปลายของโครโมโซม</u> <u>ที่ปลายของโครโมโซม</u>	เกณฑ์ที่ใช้ในการจัด โครโมโซมให้อยู่ในกลุ่ม ซับเมตาเซนทริก คือ <u>โครโมโซมที่ปลายของโครโมโซม</u> <u>ที่ปลายของโครโมโซม</u> <u>ที่ปลายของโครโมโซม</u> <u>ที่ปลายของโครโมโซม</u>	เกณฑ์ที่ใช้ในการจัด โครโมโซมให้อยู่ในกลุ่ม อโครเซนทริก คือ <u>โครโมโซมที่ปลายของโครโมโซม</u> <u>ที่ปลายของโครโมโซม</u> <u>ที่ปลายของโครโมโซม</u> <u>ที่ปลายของโครโมโซม</u>

นักเรียนหมายเลข 31

นักเรียนหมายเลข 37

ภาพที่ 4.4 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) เรื่อง
รูปร่างและลักษณะของโครโมโซม

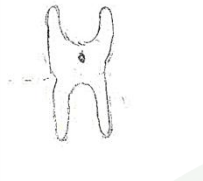
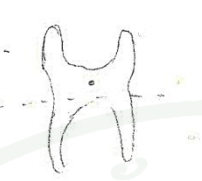
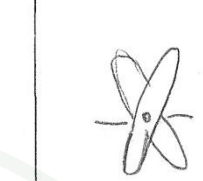
อย่างไรก็ตาม หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎี การสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมยแล้ว พบว่า นักเรียนบางส่วน (ร้อยละ 7.50) ยังคงมีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) โดยนักเรียนสามารถวาดภาพและจำแนกโครโมโซมได้ถูกต้อง แต่นักเรียนยังคงมีแนวคิดคลาดเคลื่อนในเรื่องการจำแนกโครโมโซมกลุ่มเทโลเซนตริก โดยเข้าใจว่าโครโมโซมในกลุ่มเทโลเซนตริกไม่มีเซนโทรเมียร์ แสดงให้เห็นว่านักเรียนไม่เข้าใจความหมายของเซนโทรเมียร์ และนักเรียนบางคนยังวาดภาพโครโมโซม ในกลุ่มเมตาเซนตริกและซับเมตาเซนตริกมีรูปร่างเหมือนกันหรือสลับกันอีกด้วย ดังแสดงตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในภาพที่ 4.5 และ 4.6 ตามลำดับ

ภาพโครโมโซมกลุ่ม อโครเซนตริก (acrocentric)	ภาพโครโมโซมกลุ่ม เทโลเซนตริก (telocentric)	ภาพโครโมโซมกลุ่ม อโครเซนตริก (acrocentric)	ภาพโครโมโซมกลุ่ม เทโลเซนตริก (telocentric)
			
เกณฑ์ที่ใช้ในการจัด โครโมโซมให้อยู่ในกลุ่ม อโครเซนตริก คือ เซนโทรเมียร์อยู่บน ปลาย	เกณฑ์ที่ใช้ในการจัด โครโมโซมให้อยู่ในกลุ่ม เทโลเซนตริก คือ ไม่มี เซนโทรเมียร์ อยู่บน	เกณฑ์ที่ใช้ในการจัด โครโมโซมให้อยู่ในกลุ่ม อโครเซนตริก คือ เซนโทรเมียร์อยู่ข้าง บนข้างล่าง ๒ ข้าง (ไม่เท่า) ข้าง	เกณฑ์ที่ใช้ในการจัด โครโมโซมให้อยู่ในกลุ่ม เทโลเซนตริก คือ ไม่มี

นักเรียนหมายเลข 14

นักเรียนหมายเลข 1

ภาพที่ 4.5 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิด วิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) ที่เข้าใจว่าโครโมโซมในกลุ่มเทโลเซนตริกไม่มีเซนโทรเมียร์

ภาพโครโมโซมกลุ่ม ซับเมตาเซนตริก (submetacentric)	ภาพโครโมโซมกลุ่ม อโครเซนตริก (acrocentric)	ภาพโครโมโซมกลุ่ม ซับเมตาเซนตริก (submetacentric)	ภาพโครโมโซมกลุ่ม อโครเซนตริก (acrocentric)
			
เกณฑ์ที่ใช้ในการจัด โครโมโซมให้อยู่ในกลุ่ม ซับเมตาเซนตริก คือ	เกณฑ์ที่ใช้ในการจัด โครโมโซมให้อยู่ในกลุ่ม อโครเซนตริก คือ	เกณฑ์ที่ใช้ในการจัด โครโมโซมให้อยู่ในกลุ่ม ซับเมตาเซนตริก คือ	เกณฑ์ที่ใช้ในการจัด โครโมโซมให้อยู่ในกลุ่ม อโครเซนตริก คือ
ดูที่ตำแหน่งของ เซ็น- โทรเมอร์ อยู่ กลาง ไปข้างบน ขาด ยังไม่ สลับที่กัน	ดูที่ตำแหน่งของ เซ็น- โทรเมอร์ อยู่ ค่อนข้างบน	ดูที่ตำแหน่งของ เซ็น- โทรเมอร์ อยู่ ค่อนข้างบน	ดูที่ตำแหน่งของ เซ็น- โทรเมอร์ อยู่ ค่อนข้างบน

นักเรียนหมายเลข 10

นักเรียนหมายเลข 22

ภาพที่ 4.6 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิด วิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิด คลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) ที่วาดภาพซับเมตาเซนตริก เหมือนกันหรือ สลับกับอโครเซนตริก

2.2 ส่วนประกอบของโครโมโซม

ในการสำรวจแนวคิดเรื่อง ส่วนประกอบของโครโมโซม ผู้วิจัยให้นักเรียนบอกว่า ภาพใดคือ ดีเอ็นเอ นิวคลีโอโซม และโครโมโซม พร้อมทั้งเขียนอธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง ดีเอ็นเอ นิวคลีโอโซม และโครโมโซม จากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิด วิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) (ร้อยละ 55.00) โดยเข้าใจว่านิวคลีโอโซมเกิดจากดีเอ็นเอพันรอบโปรตีนฮิสโตน และนิวคลีโอโซมจะขดตัวแน่น ขึ้นเรื่อยๆ เรียกว่า “คอยล์ (coil)” และขดหนาขึ้นจนเป็นโครมาทิด ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิด วิทยาศาสตร์ แต่นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการเกิดซิสเตอร์โครมาทิด โดยเข้าใจว่า ซิสเตอร์โครมาทิดเกิดจากโครมาทิดอันแรกที่ขดตัวแน่นแล้วจึงเกิดการจำลองโครโมติดขึ้นอีก ชุดหนึ่ง ซึ่งไม่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ ดังแสดงตัวอย่างคำตอบของนักเรียนใน ภาพที่ 4.7



2.2. จงบอกความหมายของภาพด้านบน

- ภาพที่ 1 คือ โครโมติน โดยสาย DNA พันรอบ แกนสไปเดอร์
- ภาพที่ 2 คือ สปิง ที่เรียกว่า Coil
- ภาพที่ 3 คือ Chromosome

2.3. จงอธิบายความสัมพันธ์ของภาพที่ 1, 2 และ 3

สาย DNA ที่พันรอบ แกนสไปเดอร์ & สปริง แล้วพันกันเป็นเกลียว เรียกว่า Coil และจะเรียงกันเป็นเกลียวที่ Chromatid. ๑๑. Chromatid ก็เรียงกันเป็นเกลียว 1 แห่ง แล้วจึงรวมกันเป็นเกลียวที่ Chromosome โดยสายสไปเดอร์จะอยู่ตรงกลาง

นักเรียนหมายเลข 2



2.1. ให้นักเรียนเรียงลำดับขนาดของภาพต่อไปนี้ จากใหญ่ไปเล็กโดยใช้ตัวเลข

3 > 1 > 2

2.2. จงบอกความหมายของภาพด้านบน

- ภาพที่ 1 คือ นิวคลีโอโซม
- ภาพที่ 2 คือ สาย DNA
- ภาพที่ 3 คือ โครโมโซม

2.3. จงอธิบายความสัมพันธ์ของภาพที่ 1, 2 และ 3

DNA จะพันรอบโปรตีนฮิสโตนเป็นเกลียว แล้วพันกันเป็นเกลียว เรียกว่า Coil และจะเรียงกันเป็นเกลียวที่ Chromatid. ๑๑. Chromatid ก็เรียงกันเป็นเกลียว 1 แห่ง แล้วจึงรวมกันเป็นเกลียวที่ Chromosome โดยสายสไปเดอร์จะอยู่ตรงกลาง และ โครโมโซมจะเรียกว่า kineo chore ใช้ให้ spindle fiber

นักเรียนคนที่ 30

ภาพที่ 4.7 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิด วิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิด คลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) เรื่อง ส่วนประกอบของโครโมโซม

รองลงมา พบว่า นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) (ร้อยละ 25.00) โดยเข้าใจว่า เมื่อดีเอ็นเอขดตัวพันรอบโปรตีนฮิสโตนแล้วจะเรียกว่า “นิวคลีโอโซม” แต่ไม่สามารถอธิบายได้ว่านิวคลีโอโซมกลายเป็นโครโมโซมได้อย่างไร ดังแสดงตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในภาพที่ 4.8



2.1 ให้นักเรียนเรียงลำดับขนาดของภาพต่อไปนี้ จากใหญ่ไปเล็กโดยใช้ตัวเลข

> >

2.2. จงบอกความหมายของภาพด้านบน

ภาพที่ 1 คือ นิวคลีโอโซม
ภาพที่ 2 คือ DNA
ภาพที่ 3 คือ โครโมโซม

2.3. จงอธิบายความสัมพันธ์ของภาพที่ 1, 2 และ 3

DNA ขดตัวเป็น นิวคลีโอโซม

นักเรียนหมายเลข 13



2.1 ให้นักเรียนเรียงลำดับขนาดของภาพต่อไปนี้ จากใหญ่ไปเล็กโดยใช้ตัวเลข

> >

2.2. จงบอกความหมายของภาพด้านบน

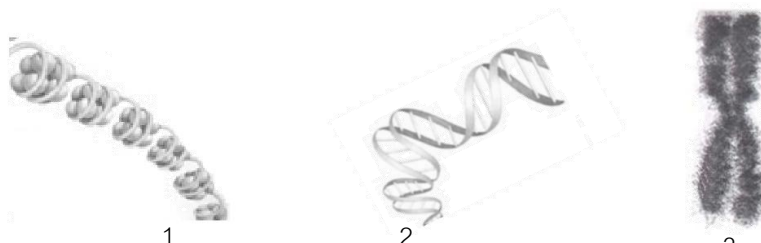
ภาพที่ 1 คือ โปรตีนฮิสโตน
ภาพที่ 2 คือ DNA
ภาพที่ 3 คือ โครโมโซม

2.3. จงอธิบายความสัมพันธ์ของภาพที่ 1, 2 และ 3

DNA จะห่อรอบ โปรตีนฮิสโตนเพื่อห่อหุ้ม แล้วจะห่อเป็นอีกชั้นที่เรียกว่า คัลด์สซี่ เรียกว่า "Coil" หรือห่อเป็นอีกชั้นที่เรียกว่า คัลด์สซี่ และจะห่อเป็นอีกชั้นที่เรียกว่า คัลด์สซี่ และจะห่อเป็นอีกชั้นที่เรียกว่า คัลด์สซี่

นักเรียนหมายเลข 5

ภาพที่ 4.8 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) เรื่อง ส่วนประกอบของโครโมโซม



2.1 ให้นักเรียนเรียงลำดับขนาดของภาพต่อไปนี้ จากใหญ่ไปเล็กโดยใช้ตัวเลข

3 > 1 > 2

2.2. จงบอกความหมายของภาพด้านบน

ภาพที่ 1 คือ โครโมโซม
ภาพที่ 2 คือ DNA กับ โปรตีนฮิสโตน
ภาพที่ 3 คือ โครโมโซม

2.3. จงอธิบายความสัมพันธ์ของภาพที่ 1, 2 และ 3

คือ DNA กับโปรตีนฮิสโตนจะพันกันเป็นเส้นรอบๆเป็นรูปวง และจะได้นั้น
ขนาดโครโมโซมจากโครโมโซมจะพันกันเป็น โครโมโซม โดยพันกันรอบกันเรื่อย ๆ

นักเรียนหมายเลข 22

ภาพที่ 4.8 (ต่อ)

นอกจากนี้ พบว่า นักเรียนบางส่วนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) (ร้อยละ 17.50) โดยสามารถอธิบายความเชื่อมโยงของดีเอ็นเอ นิวคลีโอโซม โครมาติน และโครโมโซมได้ ดังแสดงตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในภาพที่ 4.9



2.1 ให้นักเรียนเรียงลำดับขนาดของภาพต่อไปนี้ จากใหญ่ไปเล็กโดยใช้ตัวเลข

3 > 1 > 2

2.2 จงบอกความหมายของภาพด้านบน

ภาพที่ 1 คือ นิวคลีโอโซม

ภาพที่ 2 คือ DNA

ภาพที่ 3 คือ chromosome

2.3 จงอธิบายความสัมพันธ์ของภาพที่ 1, 2 และ 3

DNA และ Protein histone จะพันกันจน เกิดเป็น นิวคลีโอโซม ซึ่งต่อกันไป หรือจะ
เป็น chromatid ภายใน chromatid จำนวนสี่ เป็น chromosome

นักเรียนหมายเลข 32



2.1 ให้นักเรียนเรียงลำดับขนาดของภาพต่อไปนี้ จากใหญ่ไปเล็กโดยใช้ตัวเลข

3 > 1 > 2

2.2 จงบอกความหมายของภาพด้านบน

ภาพที่ 1 คือ นิวคลีโอโซม

ภาพที่ 2 คือ DNA

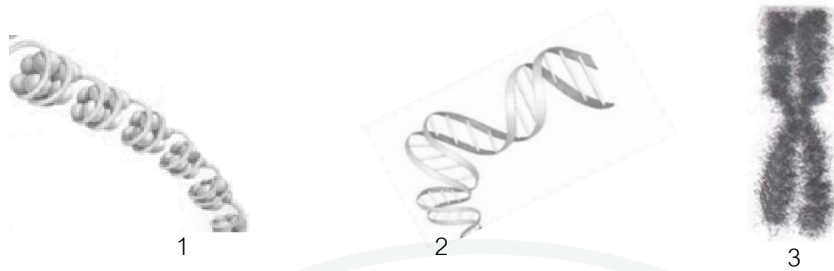
ภาพที่ 3 คือ โครโมโซม

2.3 จงอธิบายความสัมพันธ์ของภาพที่ 1, 2 และ 3

DNA จะพันกันรอบโปรตีนฮิสโตน & อื่นๆ หรือเป็นนิวคลีโอโซม
หรือจะพันกันเป็น chromatid หรือจะพันกันเป็น chromosome
หรือจะพันกันเป็น chromatid หรือจะพันกันเป็น chromosome
หรือจะพันกันเป็น chromatid หรือจะพันกันเป็น chromosome

นักเรียนหมายเลข 11

ภาพที่ 4.9 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) เรื่อง ส่วนประกอบของโครโมโซม



2.1 ให้นักเรียนเรียงลำดับขนาดของภาพต่อไปนี้ จากใหญ่ไปเล็กโดยใช้ตัวเลข

3 > 1 > 2

2.2 จงบอกความหมายของภาพด้านบน

ภาพที่ 1 คือ โปรตีนฮิสโตน & ก้อน + DNA = นิวคลีโอโซม

ภาพที่ 2 คือ DNA

ภาพที่ 3 คือ chromosome

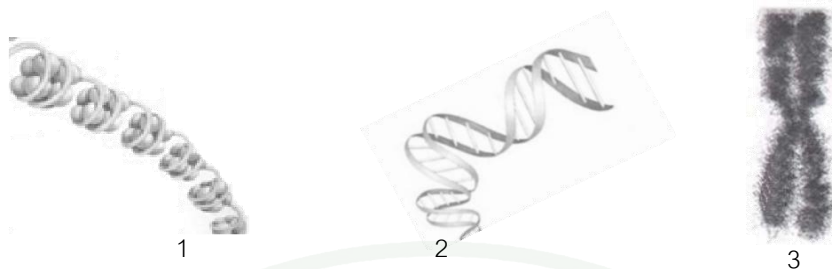
2.3 จงอธิบายความสัมพันธ์ของภาพที่ 1, 2 และ 3

DNA จะรวมกับโปรตีนฮิสโตน & ก้อน เรียกว่า นิวคลีโอโซม นิวคลีโอโซมจะอัดตัวต่อไปเรื่อย ๆ คัดแน่นขึ้น ลักษณะนี้เรียกว่า coil จากนั้น ก็จะ coil อัดตัวแน่นขึ้นเป็น chromatid 1 แถว แล้ว chromatid จะจับสองตัวมาต่อ 1 แถว จึงได้ Chromosome

นักเรียนหมายเลข 15

ภาพที่ 4.9 (ต่อ)

นอกจากนี้พบว่านักเรียน 1 คน (ร้อยละ 2.50) ยังมีแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) โดยเข้าใจว่า การขดตัวของโครโมโซมเกิดขึ้นในนิวคลีโอโซม และเกิดเป็นดีเอ็นเอ แสดงให้เห็นว่านักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงแนวคิดหรือสร้างความสัมพันธ์ระหว่างโครโมโซม นิวคลีโอโซม และดีเอ็นเอ ได้ ดังแสดงตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในภาพที่ 4.10



2.2. จงบอกความหมายของภาพด้านบน

ภาพที่ 1 คือ นิวคลีโอโซม
 ภาพที่ 2 คือ สาร DNA
 ภาพที่ 3 คือ chromosome

2.3. จงอธิบายความสัมพันธ์ของภาพที่ 1, 2 และ 3

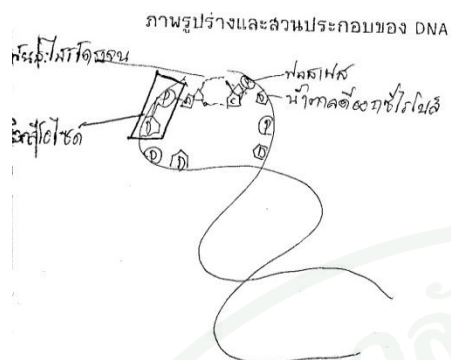
การห่อตัวของโครโมโซมที่เล็กกว่าเป็นหน่วยที่ 1 แล้วห่อตัวจนเป็นโครงสร้างที่ 3 จากหน่วยนั้น 1500 ๗ จนกลายเป็นหน่วยที่ 3 เรียกว่า chromosome

นักเรียนหมายเลข 40

ภาพที่ 4.10 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) เรื่อง ส่วนประกอบของโครโมโซม

3. แนวคิด เรื่อง โครงสร้าง DNA

ในการสำรวจแนวคิด เรื่อง โครงสร้างดีเอ็นเอ ผู้วิจัยให้นักเรียนวาดภาพและระบุส่วนประกอบของดีเอ็นเอ และนิวคลีโอไทด์ จากการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) (ร้อยละ 82.50) โดยนักเรียนสามารถอธิบายรูปร่างของดีเอ็นเอที่มีลักษณะเป็นเกลียวคู่คล้ายบันไดเวียนได้ บอกจำนวนพันธะไฮโดรเจนในสายดีเอ็นเอและทิศทางของสายดีเอ็นเอได้ถูกต้อง แต่นักเรียนไม่สามารถบอกได้ว่าดีเอ็นเอมีลักษณะวนขวา และไม่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของโครงสร้างดีเอ็นเอกับนิวคลีโอไทด์ได้ ดังแสดงตัวอย่างคำตอบของนักเรียนภาพที่ 4.11

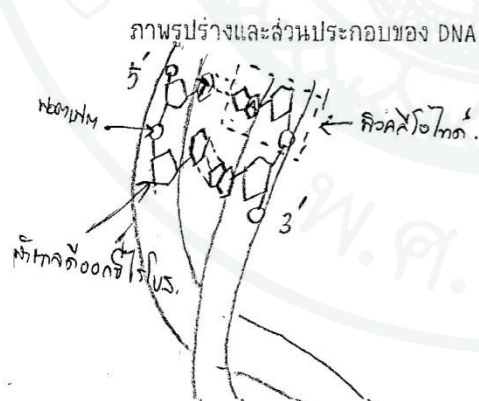


โครงสร้างของ DNA มีลักษณะคล้ายบันไดวนหรือ DNA ด้านนอกคล้ายราวบันได ส่วนด้านในคล้ายบันไดวน DNA ด้านนอกเรียกว่า น้ำตาลดีออกซีไรโบส ส่วนด้านในเรียกว่า ฟอสเฟต ประกอบด้วยน้ำตาลดีออกซีไรโบส และหมู่ฟอสเฟต ส่วนด้านใน DNA เรียกว่า ไนโตรจีนัสเบส ประกอบด้วย (T) ไทมีน, (G) กวานซีน, (A) อะดีนีน, (C) ซิตอสีน

นักเรียนหมายเลข 40

ภาพที่ 4.11 (ต่อ)

รองลงมา พบว่า นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) (ร้อยละ 15.00) โดยเข้าใจว่าดีเอ็นเอมีลักษณะเป็นเกลียวคู่คล้ายบันไดเวียนซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ แต่นักเรียนบอกส่วนประกอบภายในดีเอ็นเอไม่ถูกต้อง อาทิ ดีเอ็นเอประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์ และโปรตีนฮิสโตน หรือ นิวคลีโอไทด์ประกอบด้วยกรดอะมิโน แสดงให้เห็นว่านักเรียนไม่เข้าใจส่วนประกอบของดีเอ็นเอ ดังแสดงตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในภาพที่ 4.12



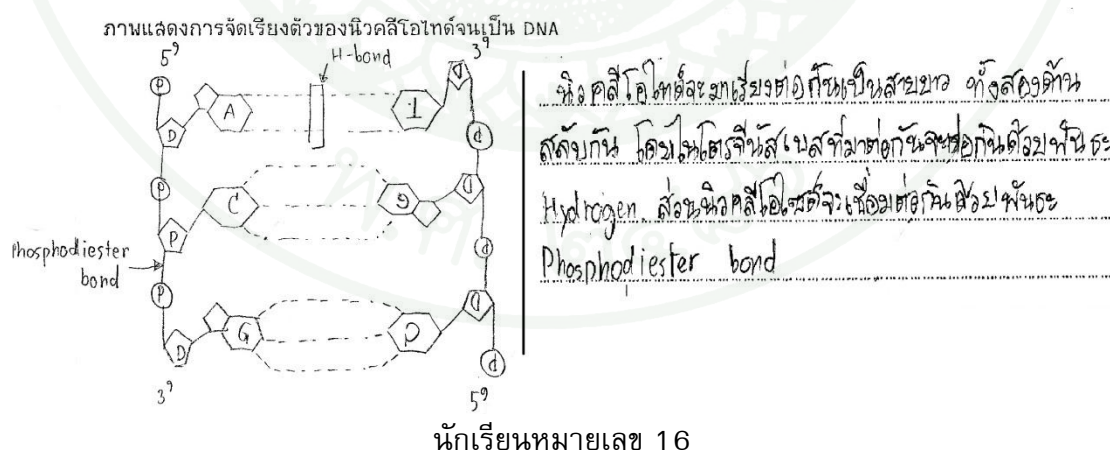
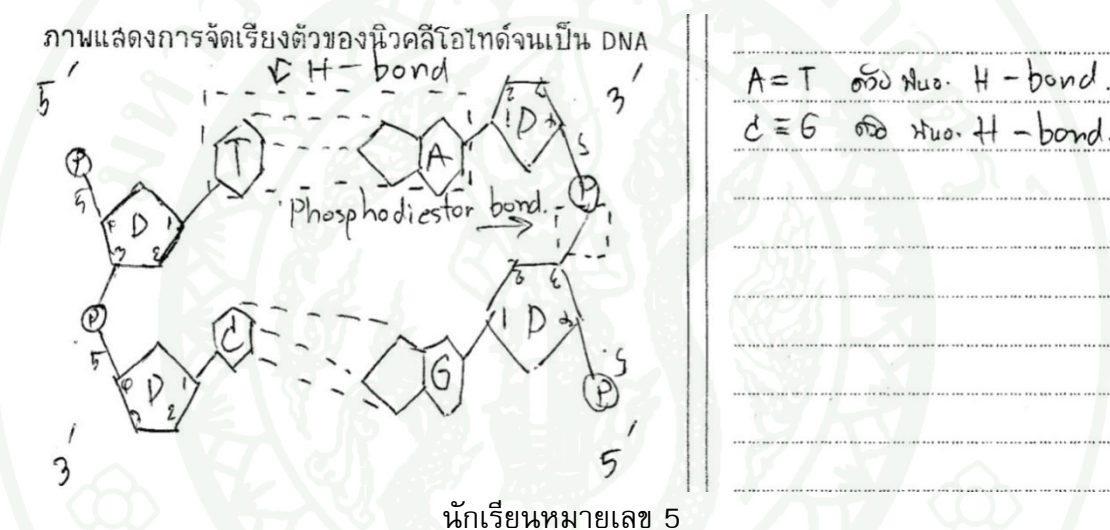
DNA มีลักษณะคล้ายบันไดเวียน
ประกอบด้วย น้ำตาลดีออกซีไรโบส กับ ฟอสเฟต

นักเรียนคนที่ 5

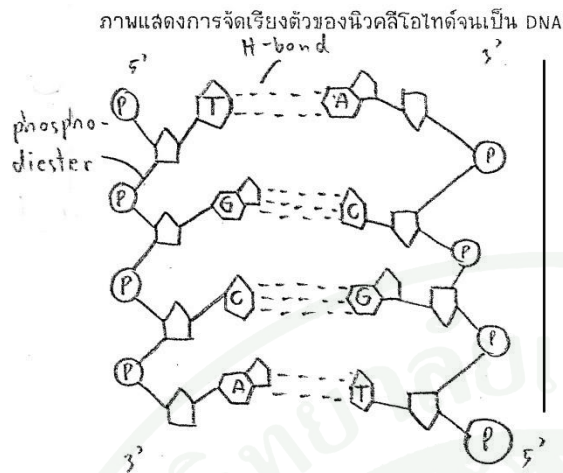
ภาพที่ 4.12 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบาง (PC&CM) เรื่อง โครงสร้างดีเอ็นเอ

4. แนวคิด เรื่อง องค์ประกอบทางเคมีของ DNA

ในการสำรวจแนวคิดเรื่อง องค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ ผู้วิจัยให้นักเรียนวาดภาพและระบุส่วนประกอบของนิวคลีโอไทด์ จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) (ร้อยละ 82.50) โดยนักเรียนสามารถวาดภาพและระบุส่วนประกอบของนิวคลีโอไทด์ได้ถูกต้อง สามารถบอกความแตกต่างของนิวคลีโอไทด์จากเบสที่ต่างชนิดกันได้ ถูกต้อง และเมื่อวาดภาพนิวคลีโอไทด์ต่อกันเป็นโพลีนิวคลีโอไทด์ 2 สายจับกันแบบสลับ สามารถระบุพันธะไฮโดรเจนและพันธะฟอสโฟไดเอสเตอร์ที่ใช้ในการเชื่อมต่อนิวคลีโอไทด์ได้ถูกต้อง ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในภาพที่ 4.14



ภาพที่ 4.14 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) เรื่อง องค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ

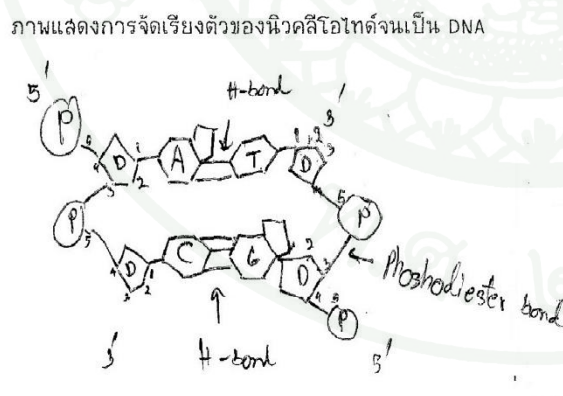


จากภาพที่วาด ต่อไปในโครงร่างเส้นโค้ง
จะมีการพัวพันกัน คือ T กับ A ด้วยพันธะคู่
และ C กับ G ด้วยพันธะคู่สาม โดยมีการ
พัวพันกันโดย H-bond
ส่วนโพลีนิวคลีโอไทด์แต่ละสายจะต่อกัน
ด้วย phosphodiester bond
โดย C ที่ 5' และ 3' จะเชื่อมกับหมู่ฟอสเฟต

นักเรียนหมายเลข 28

ภาพที่ 4.14 (ต่อ)

รองลงมา พบว่า นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) (ร้อยละ 15.00) โดยนักเรียนสามารถวาดภาพและระบุส่วนประกอบของนิวคลีโอไทด์ได้ แต่ไม่สามารถระบุพันธะไฮโดรเจน และพันธะฟอสโฟไดเอสเตอร์ได้ แสดงให้เห็นว่านักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงแนวคิดเรื่องโครงสร้างดีเอ็นเอและนิวคลีโอไทด์ซึ่งเป็นองค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอได้ ดังแสดงตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในภาพที่ 4.15

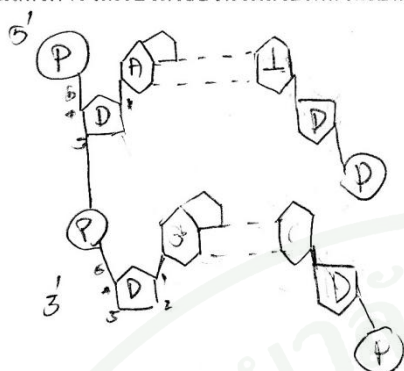


A กับ T เชื่อมกัน ด้วย พันธะไฮโดรเจน
C กับ G เชื่อมกัน ด้วย พันธะไฮโดรเจน

นักเรียนหมายเลข 3

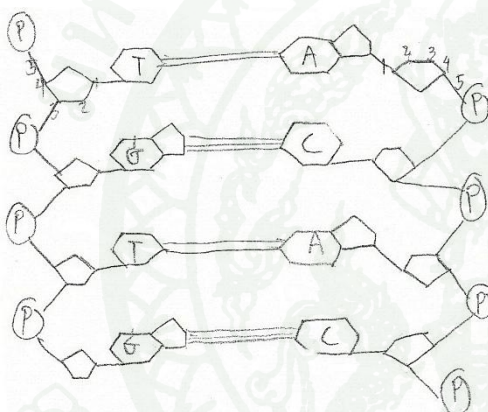
ภาพที่ 4.15 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ (PC)
เรื่อง องค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ

ภาพแสดงการจัดเรียงตัวของนิวคลีโอไทด์จนเป็น DNA



ทิศทาง 5' → 3', 3' → 5' ทิศของสายที่ติดกัน
คือ H-bond

นักเรียนหมายเลข 21

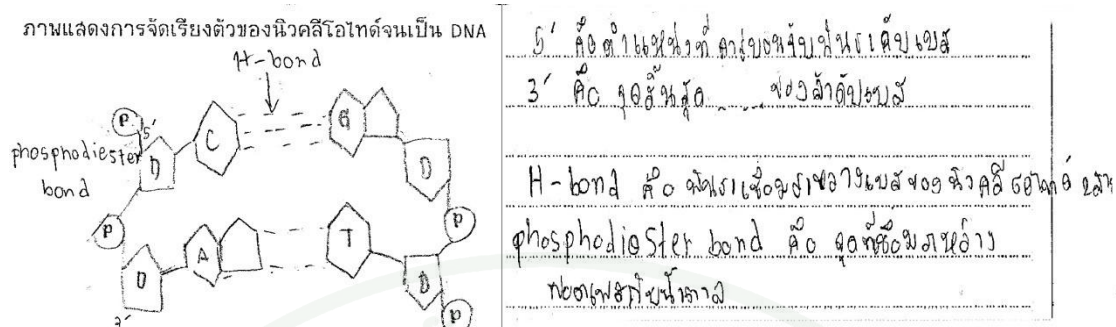


T = A เข้าด้วยกันด้วยพันธะคู่
G = C เข้าด้วยกันด้วยพันธะสาม

นักเรียนหมายเลข 28

ภาพที่ 4.15 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ ไม่สมบูรณ์ (PC) เรื่อง องค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ

นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียน 1 คน (ร้อยละ 2.50) ที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) โดยนักเรียนสามารถวาดภาพส่วนประกอบของนิวคลีโอไทด์ได้ แต่เมื่อวาดภาพนิวคลีโอไทด์มาต่อกันจนเป็นโพลีนิวคลีโอไทด์ นักเรียนไม่สามารถระบุตำแหน่งการเชื่อมต่อกันได้ถูกต้อง และไม่สามารถระบุทิศทางของโพลีนิวคลีโอไทด์ พันธะไฮโดรเจน และพันธะฟอสโฟไดเอสเตอร์ได้ถูกต้อง โดยนักเรียนเข้าใจว่าบริเวณที่หมู่ฟอสเฟตต่อกับน้ำตาลไรโบสในนิวคลีโอไทด์เดียวกันเป็นพันธะฟอสโฟไดเอสเตอร์ ดังแสดงตัวอย่างคำตอบนักเรียนในภาพที่ 4.16



นักเรียนหมายเลข 11

ภาพที่ 4.16 ตัวอย่างคำตอบ ของนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) เรื่อง องค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ

5. แนวคิด เรื่อง สมบัติของสารพันธุกรรม

5.1 การจำลอง DNA (DNA replication)

ในแนวคิดเรื่องการจำลองดีเอ็นเอ ผู้วิจัยให้นักเรียนบอกหน้าที่ของเอนไซม์และโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับการจำลองดีเอ็นเอ และอธิบายขั้นตอนการจำลองดีเอ็นเอ จากผลการวิจัยพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 55.00) มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) โดยนักเรียนสามารถอธิบายขั้นตอนการจำลองดีเอ็นเอได้ แต่ไม่สามารถบอกลักษณะของ Leading stand และ Lagging stand ได้ชัดเจน อาทิ คำตอบของนักเรียนที่ว่า “Lagging stand เป็นสายสั้น Leading stand เป็นสายยาว” (นักเรียนหมายเลข 21) หรือ “Leading stand เกิดจาก Ligase เชื่อมต่อกับ Okasaki fragment” (นักเรียนหมายเลข 29) หรือนักเรียนบอกหน้าที่ของเอนไซม์ไม่ถูกต้อง อาทิ “Primase จับกับสายสั้นสร้าง 3' ไป 5'” (นักเรียนหมายเลข 21) หรือ “Primase สร้าง DNA สายยาว” (นักเรียนหมายเลข 11) ซึ่งแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง คือ Primase สร้าง RNA primer จากด้าน 5' ไป 3' ของ DNA ต้นแบบเพื่อเป็นตัวเริ่มต้นในการสังเคราะห์ดีเอ็นเอ ดังแสดงตัวอย่างคำตอบนักเรียนในภาพที่ 4.17

ชื่อ	หน้าที่
1.1 DNA Polymerase	สังเคราะห์ DNA ใหม่จาก RNA ที่ติดกับสาย DNA แม่พิมพ์.
1.2 Single stand DNA binding protein	จับยึดกับ DNA ที่แยกออกจากกันเพื่อป้องกันไม่ให้สาย DNA กลับมาจับกัน.
1.3 Helicase	ตัดสาย DNA ออกจากกัน.
1.4 Ligase	เชื่อม Okazaki fragment ของสาย lagging strand.
1.5 Primase	สร้าง RNA primer (primer)
1.6 Lagging stand (แลกกิง สแตนด)	DNA ที่สร้างขึ้นจาก DNA ที่แยกออกจากกัน โดยใช้ Ligase เชื่อม.
1.7 Leading stand (ลีดดิ้ง สแตนด)	DNA ที่สร้างขึ้นโดยสายแม่พิมพ์ โดยใช้ Primase สร้าง

นักเรียนหมายเลข 21

ชื่อ	หน้าที่
1.1 DNA Polymerase	ทำหน้าที่นำ นิวคลีโอไทด์ ที่เหมาะสมมาต่อกับสาย RNA แม่พิมพ์ ในพื้นที่สายยาวที่มีรากทาง 5' / 3'
1.2 Single stand DNA binding protein	ทำหน้าที่ยึด สาย DNA ที่แยกโดย Helicase ไว้ในตำแหน่งที่เหมาะสมเพื่อป้องกันไม่ให้สาย DNA กลับมาจับกัน.
1.3 Helicase	ทำหน้าที่คลายเกลียว DNA ออกเป็น 2 สาย
1.4 Ligase	ทำหน้าที่เชื่อม Okazaki fragment ที่เกิดขึ้นบนสาย lagging strand
1.5 Primase	ทำหน้าที่สร้าง สาย RNA แม่พิมพ์ เพื่อใช้สังเคราะห์ DNA ต่อไปในสายยาวที่มีรากทาง 5' / 3'
1.6 Lagging stand (แลกกิง สแตนด)	การเชื่อมต่อของสาย DNA ที่สร้างขึ้นโดยใช้ Ligase เชื่อม Okazaki fragment ในพื้นที่สายยาว
1.7 Leading stand (ลีดดิ้ง สแตนด)	การเชื่อมต่อของสาย DNA ที่สร้างขึ้นโดยใช้ Ligase

นักเรียนหมายเลข 29

ภาพที่ 4.17 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ

รองลงมา พบว่า นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) (ร้อยละ 35.00) โดยนักเรียนสามารถบอกหน้าที่ของเอนไซม์ได้ถูกต้อง แต่ไม่สามารถอธิบาย ลักษณะและบทบาทของ Leading stand และ Lagging stand ได้ชัดเจน ตัวอย่างเช่น นักเรียนตอบว่า “Leading stand สร้างจากนอกเข้าไป Lagging stand สร้างจากข้างในออกข้างนอก” (นักเรียนหมายเลข 1) หรือ “Leading stand มีการสร้าง RNA รอบเดียวเป็นสายยาว ส่วน Lagging stand

มีการสร้าง RNA หลายรอบ” (นักเรียนหมายเลข 20) ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์

(PC) แสดงในภาพที่ 4.18

ชื่อ	หน้าที่
1.1 DNA Polymerase	เปลี่ยน RNA เป็น DNA สายใหม่
1.2 Single stand DNA binding protein	จับ DNA ใหม่ไว้ให้ไปต่อส่วนอื่น
1.3 Helicase	แยก DNA เป็น 2 เส้น
1.4 Ligase	เชื่อม Okazaki fragment
1.5 Primase	สร้าง RNA
1.6 Lagging stand (แลกกิง สแตนด)	สร้าง DNA จากข้างใน ไปข้างนอก
1.7 Leading stand (ลีดดิ้ง สแตนด)	สร้าง DNA จากข้างนอก ไปข้างใน

นักเรียนหมายเลข 1

ชื่อ	หน้าที่
1.1 DNA Polymerase	จะสร้างสาย DNA ต่อจากสาย RNA ที่สั้นๆ โดยจะจับติดต่อกันเป็นสายยาว
1.2 Single stand DNA binding protein	ใช้เกาะสาย DNA เพื่อคลายเกลียวไว้
1.3 Helicase	จะคลายเกลียวของสาย DNA ให้แยกออกจากกัน ให้เป็น 2 สายเดี่ยว
1.4 Ligase	จะเชื่อมสาย Okazaki fragment ให้เป็นสาย DNA
1.5 Primase	สร้างสาย RNA ที่เริ่มต้น เพื่อสังเคราะห์สาย DNA ต่อไปเป็นสายยาว
1.6 lagging stand (แลกกิง สแตนด)	จะสร้างสาย DNA ไปเป็นสายยาว
1.7 leading stand (ลีดดิ้ง สแตนด)	จะสร้างสาย DNA ไปตรงด้าน ๆ

นักเรียนหมายเลข 20

ภาพที่ 4.18 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) เรื่องการจำลองดีเอ็นเอ

นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนบางส่วนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) (ร้อยละ 10.00) โดยสามารถบอกหน้าที่ของเอนไซม์หรือโปรตีนที่ใช้ในการจำลองดีเอ็นเอได้ถูกต้อง และอธิบายขั้นตอนการจำลองดีเอ็นเอได้ถูกต้อง ดังแสดงตัวอย่างคำตอบนักเรียนในภาพที่ 4.19

ชื่อ	หน้าที่
1.1 DNA Polymerase	ทำซ้ำดีเอ็นเอโดยใช้แม่แบบสายแม่แบบ RNA primer เพื่อให้ยาวขึ้น
1.2 Single stand DNA binding protein	เกาะบริเวณสาย DNA เพื่อไม่ให้สาย DNA กลับมาพันกัน
1.3 Helicase	คลายเกลียวสาย DNA ออกจากกัน
1.4 Ligase	เชื่อม okazaki fragment ทั้งสาย Lagging stand เข้ากันจนเป็นสายยาว
1.5 Primase	สร้างสาย RNA ใหม่ขึ้น RNA primer เพื่อเป็นสายเริ่มต้น
1.6 Lagging stand (แลกกิง แลตนด์)	สายที่สังเคราะห์ขึ้นทีละท่อน ตรงกันข้ามกับทิศทางของ DNA ทำให้เป็นสายสั้น ๆ (สายสั้น ๆ เกิดจาก okazaki fragment)
1.7 Leading stand (ลีดดิ้ง แลตนด์)	สายที่สังเคราะห์ขึ้นในทิศทางเดียวกับทิศทางของ DNA ทำให้เกิดเป็นสายยาวตลอดสาย เสร็จแล้วเป็น fragment

นักเรียนหมายเลข 38

ชื่อ	หน้าที่
1.1 DNA Polymerase	สร้าง DNA ที่เบสคู่กัน โดยจะเริ่มจากทิศทาง 5' ไป 3' เท่านั้น
1.2 Single stand DNA binding protein	ยึดสายดีเอ็นเอ DNA ที่ถูกคลายเกลียวไว้
1.3 Helicase	คลายเกลียวสาย DNA
1.4 Ligase	เชื่อมสายดีเอ็นเอสายที่ แผลงกันที่ เป็นเป็นสายดีเอ็นเอที่ตลอดสายของ Lagging stand
1.5 Primase	เชื่อมกับ DNA ที่เบสคู่กัน เพื่อสร้าง RNA primer สายสั้นๆ เพื่อใช้เอนไซม์ DNA polymerase สร้างสายดีเอ็นเอ DNA ใหม่ต่อไป
1.6 Lagging stand (แลกกิง แลตนด์)	สาย DNA สายสั้นๆ ที่ถูกสังเคราะห์จาก RNA primer
1.7 Leading stand (ลีดดิ้ง แลตนด์)	สาย DNA สายดีเอ็นเอที่สร้างจากทั้ง DNA ที่ยาวตลอดสาย

นักเรียนหมายเลข 28

ภาพที่ 4.19 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์(SC) เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ

ชื่อ	หน้าที่
1.1 DNA Polymerase	เชื่อม หรือติดไฮโดรเจน RNA primer ให้สายเข้า DNA สายยว
1.2 Single strand DNA binding protein	จับยึดสาย DNA ไว้ ขณะที่สายใหม่กำลังหามาพันต่อกันอีก
1.3 Helicase	แยกสายเกลียวของ DNA ออกจากกัน
1.4 Ligase	เชื่อม Okazaki fragment ให้เป็น lagging strand
1.5 Primase	สร้าง RNA primer เพื่อใช้ห่อหุ้ม DNA polymerase เริ่มการสังเคราะห์ DNA
1.6 Lagging strand (แลกกิง แลตนด์)	สาย DNA ที่มีการสร้าง RNA primer 2 รอบ สายยวเพื่อเชื่อมต่อกันต่อไป และใช้ enzyme Ligase มาเชื่อมให้ Okazaki fragment ให้ต่อกันเข้าสายยว
1.7 Leading strand (ลีดดิ้ง แลตนด์)	สาย DNA ที่มีการสร้าง RNA primer แค่รอบเดียว แล้วสายยว DNA เข้ามาเชื่อมต่อกัน

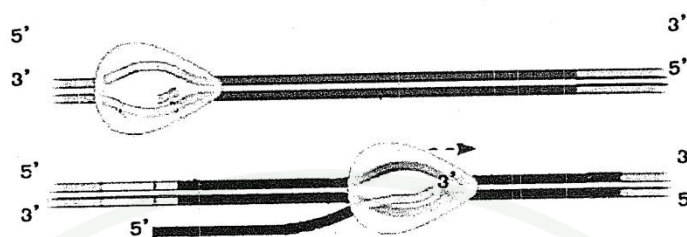
นักเรียนหมายเลข 18

ภาพที่ 4.19 (ต่อ)

5.2 การถอดรหัส (Transcription)

ในแนวคิดเรื่อง การถอดรหัส ผู้วิจัยให้นักเรียนบอกความหมายของการถอดรหัส และอธิบายภาพการถอดรหัส จากผลการวิจัยพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) (ร้อยละ 55.00) โดยอธิบายขั้นตอนการถอดรหัสไม่ครบถ้วน นักเรียนส่วนใหญ่ไม่ได้กล่าวถึงการใช้ DNA ต้นแบบในการสร้าง mRNA การหยุดทำงานของ RNA polymerase ที่จะแยกออกจาก DNA ต้นแบบ ดังภาพที่ 4.20

ขั้นการต่อสายยาว (Elongation)



สร้าง mRNA จาก DNA ด้วยเอนไซม์ RNA polymerase
และสร้าง mRNA จาก 5' ไป 3' ต่อ

ขั้นสิ้นสุด (Termination)



ปล่อย mRNA ปล่อย RNA polymerase และ mRNA จะ
เคลื่อนออกจากนิวเคลียส ไปยัง cytoplasm จาก DNA จะทำคู่กับนิวคลีโอไทด์

นักเรียนหมายเลข 5

ภาพที่ 4.20 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) เรื่อง
การถอดรหัส

รองลงมาพบว่านักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) ร้อยละ 32.50 โดยนักเรียนสามารถอธิบายขั้นตอนการถอดรหัสได้แต่ไม่ครบถ้วน เช่นเดียวกับนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) และนักเรียนบางส่วนคิดว่าการถอดรหัสเป็นการสร้างกรดอะมิโน และยังเข้าใจว่าเมื่อ RNA polymerase ทำงานเสร็จจะสลายตัว ดังภาพที่ 4.21

ขั้นสิ้นสุด (Termination)



เอนไซม์ RNA polymerase จะนำ สาย mRNA ที่สังเคราะห์เสร็จออกมาจาก ท่อ (nucleus) ไปยัง cytoplasm เพื่อใช้ ribosome สังเคราะห์เป็น โปรตีน ต่อไป
ส่วน DNA สายแม่พิมพ์จึงคงที่ เอนไซม์ RNA polymerase ควบตัวแล้วก็จะ
กลับมาจับกันเป็นเกลียวเหมือนเดิม

นักเรียนหมายเลข 23

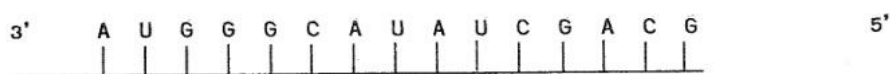
ภาพที่ 4.21 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อน
บางส่วน (PC&CM) เรื่อง การถอดรหัส

นอกจากนี้พบว่านักเรียนบางส่วนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) (ร้อยละ 10.00) โดยนักเรียน สามารถอธิบายความหมาย และขั้นตอน ของการถอดรหัสได้ ถูกต้อง และพบนักเรียนเพียง 1 คน (ร้อยละ 2.50) ที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) โดยเข้าใจว่าการถอดรหัสเป็นการสร้างกรดอะมิโน และไม่สามารถอธิบายขั้นตอนการถอดรหัสได้

5.3 โคดอน

ในการสำรวจแนวคิดเรื่อง โคดอน ผู้วิจัยให้นักเรียนบอกจำนวนกรดอะมิโนที่ได้จาก mRNA ที่กำหนดและบอกความหมายของโคดอน จากผลการวิจัยพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) (ร้อยละ 90.00) โดยนักเรียนสามารถอธิบายได้ว่า โคดอน คือ ลำดับเบสบน mRNA 3 ลำดับที่ทำให้มีการสร้างกรดอะมิโน 1 โมเลกุล ดังแสดงในภาพที่ 4.22

1. ให้นักเรียนบอกจำนวนกรดอะมิโนที่ได้จาก mRNA ต่อไปนี้



5 กรดอะมิโน

2. จากลำดับเบสบน mRNA ในข้อ 1 ทำให้เกิดกรดอะมิโน 1 โมเลกุล เกิดจากได้อย่างไร

เบส 3 ตัว คือ 3 ส่วน mRNA เท่ากับ 1 โมเลกุล เกิดกรดอะมิโน 1 ตัว
เรียกว่า โคดอน Codon 4 Codon

นักเรียนหมายเลข 33

1. ให้นักเรียนบอกจำนวนกรดอะมิโนที่ได้จาก mRNA ต่อไปนี้



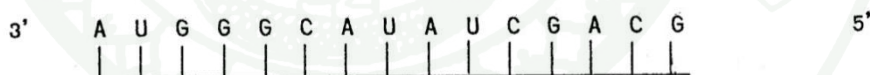
5 กรดอะมิโน

2. จากลำดับเบสบน mRNA ในข้อ 1 ทำให้เกิดกรดอะมิโน 1 โมเลกุล เกิดจากได้อย่างไร

3 ลำดับเบส คือ 1 เท่า เราเรียกว่า Codon หรือ คำว่า Codon จะคือ
ก็ว่ากรดอะมิโนแต่ละชนิด คือ 3 ลำดับเบส 1 กรดอะมิโน เรียกว่า Codon

นักเรียนหมายเลข 11

1. ให้นักเรียนบอกจำนวนกรดอะมิโนที่ได้จาก mRNA ต่อไปนี้



5 กรดอะมิโน

2. จากลำดับเบสบน mRNA ในข้อ 1 ทำให้เกิดกรดอะมิโน 1 โมเลกุล เกิดจากได้อย่างไร

เบสบน mRNA 3 ตัว เรียกว่า 1 โคดอน โดย 1 โคดอน
จะสร้างกรดอะมิโนได้ 1 โมเลกุล

นักเรียนหมายเลข 12

ภาพที่ 4.22 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (SC) เรื่อง โคดอน

รองลงมาพบว่านักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) (ร้อยละ 5.00) โดยไม่สามารถบอกได้ว่า โคดอน พบบน mRNA ดังแสดงตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในภาพที่ 4.23

1. ให้นักเรียนบอกจำนวนกรดอะมิโนที่ได้จาก mRNA ต่อไปนี้



5 กรดอะมิโน

2. จากลำดับเบสบน mRNA ในข้อ 1 ทำให้เกิดกรดอะมิโน 1 โมเลกุล เกิดจากได้อย่างไร

เกิดจากสามลำดับเบสแรก หรือ โคดอนแรกบนสาย mRNA ที่มี tRNA มาเป็นต่อแปลรหัส

ตอบ *ลำดับเบส 3 หรือเรียกว่า โคดอน 1 โคดอนได้กรดอะมิโน 1 โมเลกุล

นักเรียนหมายเลข 28

ภาพที่ 4.23 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) เรื่อง โคดอน

นอกจากนี้ยังพบว่า มีนักเรียน 1 คน (ร้อยละ 2.50) ที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) โดยนักเรียนเข้าใจว่าลำดับเบสบน mRNA ทำให้เกิดกรดอะมิโน แต่ไม่สามารถบอกจำนวนกรดอะมิโนที่เกิดขึ้นจาก mRNA ได้ และเรียกลำดับเบสนั้นว่าแอนติโคดอน ดังแสดงตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในภาพที่ 4.24

1. ให้นักเรียนบอกจำนวนกรดอะมิโนที่ได้จาก mRNA ต่อไปนี้



5 กรดอะมิโน

2. จากลำดับเบสบน mRNA ในข้อ 1 ทำให้เกิดกรดอะมิโน 1 โมเลกุล เกิดจากได้อย่างไร

- 3 อัมเบส คือ G C A หรือเรียกว่า "แอนติโคดอน"
- ทำให้เกิดกรดอะมิโน 1 โมเลกุล หรือ 3 ตัว เรียกว่า "โคดอน"

นักเรียนหมายเลข 34

ภาพที่ 4.24 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) เรื่อง โคดอน

และพบว่า นักเรียน 1 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) (ร้อยละ 2.50) โดยเข้าใจว่า Large subunit และ Small subunit ของไรโบโซมมีโคดอนที่ทำให้เกิดการดะมิโน ดังแสดงตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในภาพที่ 4.25

1. ให้นักเรียนบอกจำนวนกรดอะมิโนที่ได้จาก mRNA ต่อไปนี้



ได้ 5 ตัว

2. จากลำดับเบสบน mRNA ในข้อ 1 ทำให้เกิดการดะมิโน 1 โมเลกุล เกิดจากได้อย่างไร

เกิดโดย ไรโบโซมเล็กจับ Large sub unit 1A small sub unit
และ tRNA 19 = anti codon ที่รวมเข้า

นักเรียนหมายเลข 4

ภาพที่ 4.25 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) เรื่อง โคดอน

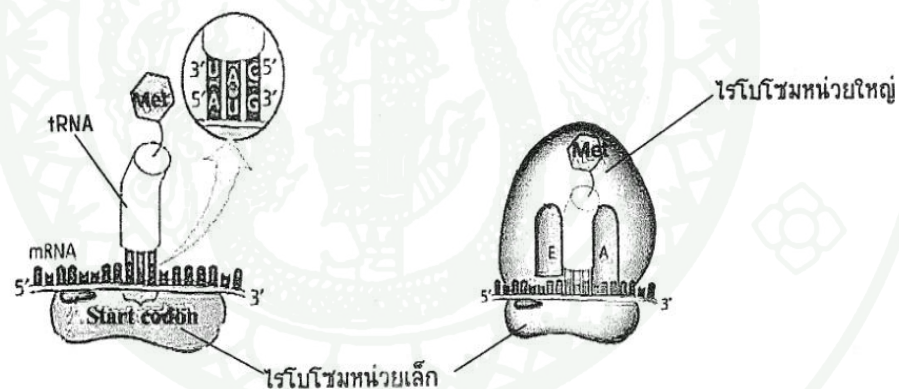
5.4 การแปลรหัส (Translation)

ในแนวคิดเรื่อง การแปลรหัส ผู้วิจัยให้นักเรียนบอกความหมายของการแปลรหัส และอธิบายขั้นตอนการแปลรหัสจากภาพ จากผลการวิจัยพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) (ร้อยละ 95.00) โดยนักเรียนสามารถบอกความหมายของการแปลรหัสได้ แต่เข้าใจขั้นเริ่มต้น ของการแปลรหัสคลาดเคลื่อนใน 2 รูปแบบ คือ 1) เข้าใจว่าไรโบโซมหน่วยเล็กจับเข้าที่โคดอนแรกบน mRNA ก่อน แล้วต่อมาไรโบโซมหน่วยใหญ่จึงเข้าจับที่โคดอนแรก และ tRNA เข้ามาจับที่โคดอนแรกบน mRNA เป็นตัวสุดท้าย 2) เข้าใจว่าไรโบโซมหน่วยเล็กและหน่วยใหญ่เข้าจับที่โคดอนแรกพร้อมกัน และ tRNA เข้ามาจับที่โคดอนแรกเป็นตัวสุดท้าย ซึ่งไม่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่อธิบายว่าไรโบโซมหน่วยเล็กเข้ามาจับ mRNA ที่โคดอนแรก AUG (start codon) ที่ปลายด้าน 5' จากนั้น tRNA จึงเข้ามาจับที่โคดอนแรก จากนั้นไรโบโซมหน่วยใหญ่จึง เข้ามาจับที่ mRNA ประกบกับไรโบโซมหน่วยเล็กเป็นตัวสุดท้าย ดังแสดงตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในภาพที่ 4.26



- ribosome หน่วยเล็ก (small sub unit) เข้ามาจับกับสาย mRNA ที่ตำแหน่ง หรือ โคดอน
- ribosome หน่วยใหญ่ (Large sub unit) จะเข้ามาจับสาย mRNA และสายสายใน ribosome หน่วยเล็ก tRNA หรือแอนติโคดอนที่จับคู่กับสาย mRNA แสดงว่าเริ่มเกิดกรดอะมิโน

นักเรียนหมายเลข 40

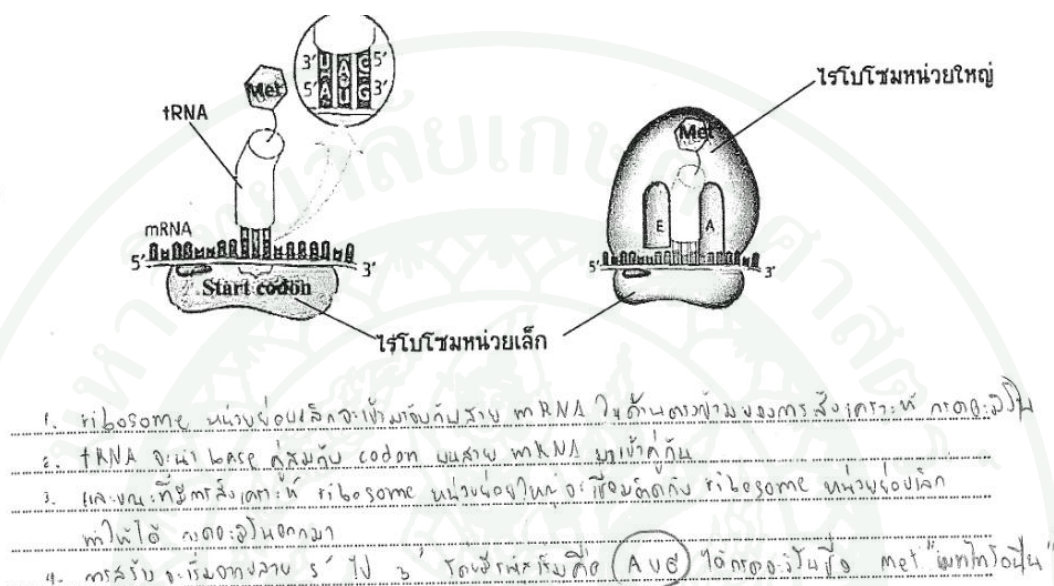


โปรตีนโพลีเมอร์จะจับกับสาย mRNA ที่คือ โปรตีนโพลีเมอร์จะเริ่มจับกับสายโพลีเมอร์ โดยที่ tRNA จะมาจับกับโคดอนสายโพลีเมอร์ที่คือ tRNA เริ่มแปลรหัสคือ สายโพลีเมอร์ เป็นต้นของสายโพลีเมอร์ที่จับกับสายโพลีเมอร์

นักเรียนหมายเลข 9

ภาพที่ 4.26 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) เรื่อง การแปลรหัส

นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนเพียง 2 คน (ร้อยละ 5.00) ที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) โดยนักเรียนบอกความหมายของการแปลรหัสและอธิบายขั้นตอนได้ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน ดังแสดงตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในภาพที่ 4.27



นักเรียนหมายเลข 23

ภาพที่ 4.27 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ (PC)
เรื่อง การแปลรหัส

การอภิปรายผลการวิจัยของคำถามวิจัยข้อที่ 1

การวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้จัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องยีนและโครโมโซม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย โดยมีคำถามวิจัยข้อที่ 1 คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีแนวคิดเรื่องยีนและโครโมโซมอย่างไร หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย

จากผลการวิจัยพบว่า หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย เรื่องยีนและโครโมโซม แล้ว นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) ในเรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างยีนและโครโมโซม รูปร่างและลักษณะของโครโมโซม องค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ และ โคดอน สอดคล้องกับ ปรียา นพคุณ (2545) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง สามารถพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ เนื่องจากกิจกรรมการเรียนรู้ที่จัดขึ้นช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้พบกับประสบการณ์ใหม่ที่ท้าทายให้นักเรียนมีความอยากรู้ และต้องการตรวจสอบความรู้เดิมที่นักเรียนมี ทำให้นักเรียนมีการสืบค้นข้อมูล การอภิปราย และการนำเสนอข้อมูล แล้วจึงดูข้อมูลที่ได้เข้าสู่สมองของนักเรียน ซึ่งอาจมีการปรับความรู้เดิมจากประสบการณ์เดิมให้เข้ากับความรู้ใหม่ จนเกิดการตกผลึกเป็นความรู้ที่สร้างขึ้นใหม่ด้วยตนเอง ซึ่งทำให้มีโอกาสมากขึ้นที่ความรู้นั้นจะสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ข้อค้นพบที่ได้ยังสอดคล้องกับ เมธา สีหานาท (2546) ที่พบว่าการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองสามารถพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในเรื่องตารางธาตุ ได้ และทำให้นักเรียนเกิดความเชื่อมั่นในตนเองและกล้าแสดงออกมากขึ้น เช่นเดียวกับ วรณดี จันทรวงศ์ (2547) ที่พบว่าการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองทำให้นักเรียนพยาบาลปีที่ 1 เข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ในเรื่องสารประกอบไฮโดรคาร์บอนได้มากขึ้น เนื่องจากนักเรียนได้มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ฝึกการค้นคว้า และฝึกความคิดด้วยตนเอง นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับ Glynn, Duit and Thiele (1995) และ Paris และ Glynn (2004) ที่กล่าวว่า เทคนิคอุปมาอุปไมยสามารถช่วยให้ผู้เรียนทำความเข้าใจแนวคิดใหม่โดยการเชื่อมโยงสิ่งที่นักเรียนคุ้นเคย (Analog) กับสิ่งใหม่หรือแนวคิดใหม่ ที่เรียกว่า เป้าหมาย (Target) ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเห็นภาพแนวคิดใหม่ที่มีลักษณะเป็นนามธรรมได้ และทำให้ผู้เรียนสามารถเปรียบเทียบสิ่งที่ตนเองคุ้นเคยกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ได้ นอกจากนี้ Treagust, Harrison and Venville (1998) ยังมองว่าเทคนิคอุปมาอุปไมยยัง ช่วยกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนได้อีกด้วย

อย่างไรก็ตาม ในเรื่อง โครงสร้างดีเอ็นเอ และ เรื่องการถอดรหัส พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) และในเรื่อง ส่วนประกอบของโครโมโซม การจำลองดีเอ็นเอ และ การแปลรหัส พบว่านักเรียนจำนวนมากมี แนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากการใช้เทคนิคอุปมาอุปไมยที่อาจไม่เหมาะสมกับการสอนในบางเนื้อหา โดยเฉพาะเนื้อหาที่มีความซับซ้อน ดังที่ Treagust et al. (1998) ได้เสนอแนะว่า เทคนิคอุปมาอุปไมยไม่เหมาะสมกับการสอนแนวคิดที่มีลักษณะเป็นกระบวนการ และมีความซับซ้อน เช่น แนวคิดเรื่อง โมเลกุล การแพร่ และธรรมชาติ เนื่องจากในการใช้เทคนิคดังกล่าว นักเรียนจำเป็นต้องจำสิ่งที่นักเรียนคุ้นเคย หรือ อนุalog จำนวนมากเพื่อที่จะนำไปเปรียบเทียบกับ แนวคิดเป้าหมาย ซึ่งตรงนี้อาจทำให้นักเรียนเกิดความสับสน นอกจากนี้ อาจเป็นเพราะอนุalogที่ใช้ในกิจกรรมบางกิจกรรม นักเรียนไม่คุ้นเคยหรือไม่รู้จักซึ่งทำให้นักเรียนไม่มีความรู้พื้นฐานเพียงพอที่จะนำไปเปรียบเทียบกับแนวคิดเป้าหมาย (Hassan, 1984) หรืออาจเป็นเพราะการอธิบายชี้แจงเปรียบเทียบความเหมือนและความต่างระหว่างอุปกรณ์ที่เป็นอนุalogกับแนวคิดเป้าหมายก่อนทำกิจกรรมไม่ชัดเจน และไม่เป็น ระบบ จึงทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจคลาดเคลื่อนได้ (Harrison, Allan, and Ichard, 2008) นอกจากนี้อาจเป็นเพราะนักเรียนไม่มีความรู้พื้นฐานที่จำเป็นในการเรียนรู้แนวคิดหลัก จึงส่งผลต่อการเรียนรู้แนวคิดใหม่ของผู้เรียน (พิศนุตร อุทัยไชย , 2553) เช่นในงานวิจัยนี้ที่พบว่านักเรียนหลายคนไม่มีความรู้พื้นฐานในเรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและไมโอซิส หรือเรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมจึงทำให้ยากต่อการเรียนรู้แนวคิดใหม่เรื่อง ยีนและโครโมโซม นอกจากนี้การที่นักเรียนยังคงแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) อาจเป็นเพราะสื่อที่ครูใช้ในกิจกรรม โดยพบว่าภาพที่เลือกใช้ในกิจกรรมเรื่องรูปร่างและลักษณะของโครโมโซม มีส่วนประกอบของภาพที่นักเรียนไม่รู้จัก จึงทำให้เกิดความสับสน ดังนั้นครูควรเลือกใช้ อนุalogที่นักเรียนมีความคุ้นเคย จึงจะช่วยให้ นักเรียนสามารถสร้างแนวคิดวิทยาศาสตร์ได้อย่างสมบูรณ์ สอดคล้องกับ วิทยา ภาชื่น (2553) ที่ใช้เทคนิคอุปมาอุปไมยในการเปลี่ยนแปลงแนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง สมดุลเคมี ให้เป็นแนวคิดวิทยาศาสตร์ และพบว่าหลังเรียนนักเรียนยังคงมีแนวคิดคลาดเคลื่อนอยู่ ซึ่งสาเหตุหนึ่งมาจากนักเรียนไม่คุ้นเคยกับอนุalogที่ใช้ในการเปรียบเทียบกับแนวคิดเป้าหมาย

ผลการวิจัยคำถามวิจัยข้อที่ 2

**การจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิค
อุปมาอุปไมย ควรมีแนวทางการจัดอย่างไร ที่ช่วยให้นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง
ยีนและโครโมโซม**

ในการตอบคำถามวิจัยข้อที่ 2 ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้บันทึกหลังสอน วิธีทัศน์
การสอน และอนุทินของนักเรียน หลังจัดการเรียนการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ตาม
ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมยเสร็จสิ้นในแต่ละแผน จำนวน
7 แผน จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีวิเคราะห์แบบ
อุปนัย (Inductive analysis) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลของแต่ละแผน (ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์ , 2554)
แสดงในตารางที่ 4.2-4.8

ตารางที่ 4.2 ผลการวิจัยจากการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างยีนและโครโมโซม ตามกรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย

กรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย	ปัญหา/อุปสรรค แนวทางแก้ไข และสิ่งที่ได้เรียนรู้
<u>ขั้นนำ</u> ครูใช้คำถามเพื่อสำรวจความรู้เดิมของผู้เรียน โดยมีแนวคำถามว่า “นักเรียนคิดว่ายีนและโครโมโซมมีความเกี่ยวข้องกันอย่างไร” พร้อมวาดภาพโครโมโซม และระบุตำแหน่งของยีน	
1. การนำเอาความรู้เดิมของผู้เรียนในเรื่องที่สอนมาใช้เป็นแนวทางในการสร้างองค์ความรู้ใหม่	<u>ปัญหา/อุปสรรค</u> ใช้คำถามไม่ครอบคลุมถึงโครโมโซมในเรื่องการแบ่งเซลล์ <u>แนวทางแก้ไข</u> เพิ่มคำถามให้ครอบคลุมมากขึ้น เช่น “เมื่อใดที่นักเรียนสามารถเห็นโครโมโซมได้ชัดเจน” <u>สิ่งที่ได้เรียนรู้</u> การใช้คำถามในขั้นนำควรครอบคลุมแนวคิดที่ต้องการศึกษา
2. การให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรม กับครู หรือการมีปฏิสัมพันธ์กันเองระหว่างผู้เรียนเพื่อแสวงหาองค์ความรู้ใหม่	<u>ปัญหา/อุปสรรค</u> - <u>แนวทางแก้ไข</u> - <u>สิ่งที่ได้เรียนรู้</u> -
3. การที่ผู้สอนมีบทบาทเป็นผู้เสนอแนะและผู้จัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง	<u>ปัญหา/อุปสรรค</u> กิจกรรมในชั้นเรียนยังไม่ดึงดูดความสนใจของนักเรียน <u>แนวทางแก้ไข</u> ควรยกสถานการณ์ เพื่อนำเข้าสู่คำถามและกิจกรรม <u>สิ่งที่ได้เรียนรู้</u> การนำเข้าสู่บทเรียน ครูควรมีกิจกรรมที่ดึงดูดความสนใจของนักเรียน

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

กรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย	ปัญหา/อุปสรรค แนวทางแก้ไข และสิ่งที่ได้เรียนรู้
4. การสร้างความหมายจากการอภิปรายแสดงความคิดเห็นในกลุ่มใหญ่	ปัญหา/อุปสรรค - แนวทางแก้ไข - สิ่งที่ได้เรียนรู้ -
5. การใช้เทคนิคอุปมาอุปไมย	ปัญหา/อุปสรรค - แนวทางแก้ไข - สิ่งที่ได้เรียนรู้ -
ชั้นสอน นักเรียนทำกิจกรรม เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างยีนและโครโมโซม เพื่อตรวจสอบการถ่ายทอดยีนกับโครโมโซมในระยะต่างๆ ของการแบ่งเซลล์ โดยใช้เชือกสีต่างๆ แทนโครโมโซมและยีนเพื่อสร้างแบบจำลองการถ่ายทอดยีนและโครโมโซม จากนั้นนักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายผลจากการทำกิจกรรม	
1. การนำเอาความรู้เดิมของผู้เรียนในเรื่องที่สอนมาใช้เป็นแนวทางในการสร้างองค์ความรู้ใหม่	ปัญหา/อุปสรรค นักเรียนไม่มีความรู้พื้นฐานที่จำเป็นต่อการเรียน และทำกิจกรรม เรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส และการคำนวณหาจีโนไทป์ตามกฎของเมนเดล แนวทางแก้ไข ควรทบทวนความรู้พื้นฐานที่จำเป็นต่อการเรียนรู้แนวคิดหลักก่อน โดยอาจใช้การสอบ หรือฉายวีดิทัศน์และอภิปรายทบทวนความรู้พื้นฐานที่จำเป็น สิ่งที่ได้เรียนรู้ ความรู้พื้นฐานมีความสำคัญต่อการทำความเข้าใจแนวคิดหลักของกิจกรรม

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

กรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย	ปัญหา/อุปสรรค แนวทางแก้ไข และสิ่งที่ได้เรียนรู้
2. การให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรม กับครู หรือการมีปฏิสัมพันธ์กันเองระหว่างผู้เรียนเพื่อแสวงหาองค์ความรู้ใหม่	ปัญหา/อุปสรรค นักเรียนมีการถามครูเกี่ยวกับวิธีการทำกิจกรรม มากกว่าที่จะอภิปรายวิธีการทำกิจกรรมกับเพื่อนในกลุ่มจนเกิดความเข้าใจก่อน แนวทางแก้ไข ส่งเสริมให้นักเรียนมีการอภิปรายวิธีการทำกิจกรรมจนเกิดความเข้าใจในกลุ่มก่อน แล้วจึงอภิปรายร่วมกันทั้งห้อง โดยสุ่มเรียกตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มเพื่อตอบวิธีทำกิจกรรม และกล่าวชมเชย สิ่งที่ได้เรียนรู้ ครูควรส่งเสริมให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์และเรียนรู้ร่วมกันกับเพื่อนในกลุ่มด้วย
3. การที่ผู้สอนมีบทบาทเป็นผู้เสนอแนะและผู้จัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง	ปัญหา/อุปสรรค กิจกรรมที่ครูจัดใช้อุปกรณ์หลายชิ้นและใช้เวลาค่อนข้างมาก ทำให้นักเรียนบางคนลืมนจุดประสงค์ของการทำงาน ทำให้ทำกิจกรรมอย่างไร้ความหมาย แนวทางแก้ไข ครูควรมีการเน้นย้ำจุดประสงค์ของการทำงานก่อนทำกิจกรรม ในระหว่างทำกิจกรรม และก่อนที่จะมีการอภิปราย และสรุปผลเพื่อให้นักเรียนทำกิจกรรม สิ่งที่ได้เรียนรู้ ในกิจกรรมที่ใช้เวลามาก ครูควรมีการทบทวนหรือเน้นย้ำถึงจุดประสงค์ของกิจกรรมให้นักเรียนตระหนักทั้งในระหว่างทำกิจกรรมและก่อนที่จะทำการอภิปรายผลของกิจกรรม
4. การสร้างความหมายจากการอภิปรายแสดงความคิดเห็นในกลุ่มใหญ่	ปัญหา/อุปสรรค การอภิปรายผลของนักเรียนทุกกลุ่มใช้เวลามาก นักเรียนส่วนหนึ่งจึงขาดสมาธิและความตั้งใจในการฟังเพื่อนนำเสนอและอภิปรายผล

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

กรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย	ปัญหา/อุปสรรค แนวทางแก้ไข และสิ่งที่ได้เรียนรู้
4. การสร้างความหมายจากการอภิปรายแสดงความคิดเห็นในกลุ่มใหญ่	<u>แนวทางแก้ไข</u> ครูสุ่มตัวแทนกลุ่มที่ได้ผลการทำกิจกรรมแตกต่างกันและสามารถเป็นตัวแทนของผลกิจกรรมทั้งห้องได้ เพื่อลดเวลาในการนำเสนอและอภิปรายผลของกิจกรรม และช่วยให้นักเรียนมีความสนใจในการอภิปรายผลมากขึ้น <u>สิ่งที่ได้เรียนรู้</u> การนำเสนอและอภิปรายผลของกิจกรรมไม่จำเป็นต้องให้ทุกกลุ่มนำเสนอ ครูควรเลือกกลุ่มที่มีผลของกิจกรรมที่น่าสนใจและเป็นตัวแทนของผลกิจกรรมในห้องได้
5. การใช้เทคนิคอุปมาอุปไมย	<u>ปัญหา/อุปสรรค</u> อุปกรณ์ (เชือก) ที่ครูนำมาใช้เพื่อการอุปมาอุปไมยเรื่องยีนและโครโมโซมในกิจกรรม นักเรียนต้องทำการตกแต่งจึงทำให้ใช้เวลามากในการทำกิจกรรม <u>แนวทางแก้ไข</u> ครูควรเลือกอุปกรณ์ (เชือก) ให้มีขนาดและความยาวพอดี เพื่อให้ นักเรียนใช้เวลาไม่มากเกินไปในการจัดแต่งอุปกรณ์ให้เป็นรูปโครโมโซม <u>สิ่งที่ได้เรียนรู้</u> กิจกรรมที่ให้นักเรียนประดิษฐ์หรือจัดแต่ง ครูควรใช้อุปกรณ์ (เชือก) ที่มีขนาดและความยาวพอดี เพื่อประหยัดเวลาในการทำกิจกรรม
<u>ขั้นสรุป</u> นักเรียนวาดภาพตำแหน่งของยีนและโครโมโซมอีกครั้งจากนั้นครูนำอภิปรายเปรียบเทียบกับขั้นนำ โดยใช้คำถาม “นักเรียนทราบได้อย่างไรว่ายีนอยู่บนโครโมโซม”	
1. การนำเอาความรู้เดิมของผู้เรียนในเรื่องที่สอนมาใช้เป็นแนวทางในการสร้างองค์ความรู้ใหม่	<u>ปัญหา/อุปสรรค</u> - <u>แนวทางแก้ไข</u> - <u>สิ่งที่ได้เรียนรู้</u> -

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

กรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย	ปัญหา/อุปสรรค แนวทางแก้ไข และสิ่งที่ได้เรียนรู้
2. การให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรม กับครู หรือการมีปฏิสัมพันธ์กันเองระหว่างผู้เรียนเพื่อแสวงหาองค์ความรู้ใหม่	ปัญหา/อุปสรรค - แนวทางแก้ไข - สิ่งที่ได้เรียนรู้ -
3. การที่ผู้สอนมีบทบาทเป็นผู้เสนอแนะและผู้จัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง	ปัญหา/อุปสรรค - แนวทางแก้ไข - สิ่งที่ได้เรียนรู้ -
4. การสร้างความหมายจากการอภิปรายแสดงความคิดเห็นในกลุ่มใหญ่	ปัญหา/อุปสรรค การอภิปรายผลของกิจกรรมยังไม่ทำให้นักเรียนเกิดแนวคิดวิทยาศาสตร์ได้มากนัก ซึ่งอาจเป็นเพราะนักเรียนต้องใช้เวลาในการทำกิจกรรมมาก และเมื่อทำกิจกรรมเสร็จครูไม่ได้มีการแสดงความรู้เดิมและความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนเกิดการเปรียบเทียบและ/หรือเชื่อมโยงความรู้ได้อย่างชัดเจน แนวทางแก้ไข ครูควรเขียนสรุปความรู้เดิมที่ได้จากกิจกรรมสำรวจความรู้เดิมไว้บนกระดานเพื่อให้นักเรียนได้เห็นความเข้าใจเดิมของตน และเมื่อได้ความรู้ใหม่จึงเขียนเปรียบเทียบกันให้นักเรียนเห็นแล้วจึงนำอภิปราย สิ่งที่ได้เรียนรู้ หากกิจกรรมใช้เวลานานควรมีการสรุปความรู้เดิมและความรู้ใหม่ โดยครูควรแสดงให้นักเรียนเห็น เพื่อใช้ในการอภิปรายเชื่อมโยงความรู้

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

กรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย	ปัญหา/อุปสรรค แนวทางแก้ไข และสิ่งที่ได้เรียนรู้
5. การใช้เทคนิคอุปมาอุปไมย	ปัญหา/อุปสรรค - แนวทางแก้ไข - สิ่งที่ได้เรียนรู้ -

ตารางที่ 4.3 ผลการวิจัยจากการใช้แผนที่ 2 เรื่อง รูปร่างและลักษณะของโครโมโซม ตามกรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย

กรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย	ปัญหา/อุปสรรค แนวทางแก้ไข และสิ่งที่ได้เรียนรู้
ชั้นนำ ครูให้นักเรียนสังเกตภาพในกิจกรรมการสำรวจความรู้เดิม เช่น ตะเกียบ ไมโทคอนเดรีย เซนทริโอ ปาทองโก ฯลฯ แล้วบอกว่าภาพใดมีลักษณะคล้ายกับโครโมโซม พร้อมทั้งบอกเหตุผล	
1. การนำเอาความรู้เดิมของผู้เรียนในเรื่องที่สอนมาใช้เป็นแนวทางในการสร้างองค์ความรู้ใหม่	ปัญหา/อุปสรรค การสรุปความรู้เดิมเป็นการสรุปลักษณะของสิ่งที่นักเรียนเข้าใจ แต่ยังไม่ชัดเจนว่านักเรียนมีความรู้เดิมเกี่ยวกับแนวคิดเรื่องโครโมโซมอย่างไร แนวทางแก้ไข อาจปรับกิจกรรมโดยให้นักเรียนวาดภาพโครโมโซมตามความเข้าใจและเขียนคำอธิบายลักษณะของโครโมโซมประกอบด้วย

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

กรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย	ปัญหา/อุปสรรค แนวทางแก้ไข และสิ่งที่ได้เรียนรู้
1. การนำเอาความรู้เดิมของผู้เรียนในเรื่องที่สอนมาใช้เป็นแนวทางในการสร้างองค์ความรู้ใหม่	<u>สิ่งที่ได้เรียนรู้</u> ครูควรให้นักเรียนวาดภาพประกอบการอธิบายความเข้าใจในแนวคิดที่มีลักษณะเป็นนามธรรม เช่น แนวคิดเรื่องโครโมโซม เพื่อช่วยให้ครูได้ทราบว่านักเรียนมีความรู้เดิมในเรื่องดังกล่าวอย่างไร ได้ชัดเจนกว่าการให้นักเรียนพูดอธิบายเพียงอย่างเดียว
2. การให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรม กับครู หรือการมีปฏิสัมพันธ์กันเองระหว่างผู้เรียนเพื่อแสวงหาองค์ความรู้ใหม่	<u>ปัญหา/อุปสรรค</u> นักเรียนไม่มีการอภิปรายร่วมกันในกลุ่มมากนัก ซึ่งอาจเป็นเพราะครูแจกภาพให้นักเรียนเป็นรายบุคคลแม้ว่านักเรียนจะนั่งเป็นกลุ่ม นักเรียนแต่ละคนจึงต่างคนต่างดูภาพของตนเอง ประกอบกับครูอาจไม่ได้กระตุ้นให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันอย่างเพียงพอ <u>แนวทางแก้ไข</u> ครูควรจัดให้มีภาพขนาดใหญ่ที่เป็นของกลุ่มอีกชุดหนึ่งเพื่อให้นักเรียนทุกคนดูภาพร่วมกันและร่วมกันอภิปราย รวมทั้งครูควรกระตุ้นให้นักเรียนมีการอภิปรายร่วมกันมากขึ้น <u>สิ่งที่ได้เรียนรู้</u> ในการส่งเสริมการอภิปรายร่วมกันกับเพื่อนในกลุ่ม ครูควรจัดสื่อหรืออุปกรณ์กลางของกลุ่ม และควรมีเทคนิคหรือคำพูดที่กระตุ้นให้นักเรียนพูดคุยกันในกลุ่มอย่างเพียงพอ
3. การที่ผู้สอนมีบทบาทเป็นผู้เสนอแนะและผู้จัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง	<u>ปัญหา/อุปสรรค</u> - <u>แนวทางแก้ไข</u> - <u>สิ่งที่ได้เรียนรู้</u> -
4. การสร้างความหมายจากการอภิปรายแสดงความคิดเห็นในกลุ่มใหญ่	<u>ปัญหา/อุปสรรค</u> การลงความเห็นของนักเรียนมักเป็นความคิดของนักเรียนคนเดียวมากกว่าเป็นข้อสรุปของกลุ่ม

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

กรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย	ปัญหา/อุปสรรค แนวทางแก้ไข และสิ่งที่ได้เรียนรู้
4. การสร้างความหมายจากการอภิปรายแสดงความคิดเห็นในกลุ่มใหญ่	<u>แนวทางแก้ไข</u> จัดกิจกรรมให้ส่งเสริมการอภิปรายและลงความเห็นของกลุ่ม โดยครูเรียกถามให้นักเรียนแสดงความคิดเห็น ให้ความสำคัญกับคำตอบของนักเรียน และกล่าวชมเชยนักเรียนอาจเริ่มจากชมเชย การรับฟังความเห็นของเพื่อน และไม่ต่อว่าหรือทำสีหน้าไม่ดีเมื่อนักเรียนตอบผิดจากความคาดหวัง <u>สิ่งที่ได้เรียนรู้</u> ครูควรถามให้นักเรียนแสดงความคิดเห็น หลากๆ คน และให้ความสำคัญกับคำตอบของทุกคน ทั้งที่ผิดและถูก และกล่าวชมเชยนักเรียนร่วมแสดงความคิดเห็น
5. การใช้เทคนิคอุปมาอุปไมย	<u>ปัญหา/อุปสรรค</u> - <u>แนวทางแก้ไข</u> - <u>สิ่งที่ได้เรียนรู้</u> การที่นักเรียนทุกคนในกลุ่มมีภาพที่ใช้ในกิจกรรมมีข้อดีคือช่วยทำให้นักเรียนสังเกตภาพได้ชัดเจน
<u>ขั้นตอน</u> นักเรียนทำกิจกรรมเรื่องรูปร่างลักษณะโครโมโซม เพื่อตรวจสอบลักษณะของโครโมโซมและจำแนกกลุ่มโครโมโซมตามเกณฑ์ของนักเรียนเอง จากนั้นจึงใช้เกณฑ์ของนักวิทยาศาสตร์ในการจำแนกกลุ่มโครโมโซม เสร็จแล้วครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลจากกิจกรรม	
1. การนำเอาความรู้เดิมของผู้เรียนในเรื่องที่สอนมาใช้เป็นแนวทางในการสร้างองค์ความรู้ใหม่	<u>ปัญหา/อุปสรรค</u> นักเรียนบางคนไม่สามารถจำแนกความแตกต่างของโครโมโซมได้ <u>แนวทางแก้ไข</u> หลังจากที่นักเรียนทำกิจกรรม ควรมีการอภิปรายตำแหน่งของเซนโทรเมียร์บนโครโมโซมโดยแสดงภาพให้นักเรียนทั้งห้องเห็นได้ชัดเจน

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

กรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย	ปัญหา/อุปสรรค แนวทางแก้ไข และสิ่งที่ได้เรียนรู้
1. การนำเอาความรู้เดิมของผู้เรียนในเรื่องที่สอนมาใช้เป็นแนวทางในการสร้างองค์ความรู้ใหม่	<u>สิ่งที่ได้เรียนรู้</u> ความรู้เดิมมีความสำคัญต่อการสร้างแนวคิดใหม่ ครูจำเป็นต้องจัดกิจกรรมที่ช่วยให้นักเรียนเห็นหลักฐานของแนวคิดที่ถูกต้องทางวิทยาศาสตร์ เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถปรับเปลี่ยนความรู้เดิมที่คลาดเคลื่อนเป็นความรู้ใหม่ที่ถูกต้องได้อย่างสมบูรณ์ เช่น ในกิจกรรมนี้ที่ครูจัดให้นักเรียนเห็นภาพโครโมโซม และตำแหน่งของเซนโทรเมียร์ได้ชัดเจน
2. การให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรม กับครู หรือการมีปฏิสัมพันธ์กันเองระหว่างผู้เรียนเพื่อแสวงหาองค์ความรู้ใหม่	<u>ปัญหา/อุปสรรค</u> - <u>แนวทางแก้ไข</u> - <u>สิ่งที่ได้เรียนรู้</u> นักเรียนต้องใช้ความรู้เดิมที่ถูกต้องในการทำกิจกรรมต่อมา จะมีการซักถามเพื่อน หรือครูจนมีแนวคิดที่ถูกต้อง เพื่อที่จะสามารถทำกิจกรรมถัดมาได้
3. การที่ผู้สอนมีบทบาทเป็นผู้เสนอแนะและผู้จัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง	<u>ปัญหา/อุปสรรค</u> จากกิจกรรมตรวจสอบความรู้เดิมเรื่องโครโมโซมที่ครูจัดให้มีส่วนของภาพที่ครูจัดให้ที่นักเรียนไม่รู้จัก ทำให้นักเรียนไม่ทราบว่า จะเทียบกับความรู้เดิมของตนเองอย่างไร <u>แนวทางแก้ไข</u> ครูควรใช้ภาพที่นักเรียนรู้จักหรือมีความคุ้นเคยในชีวิตประจำวันเพื่อให้ นักเรียนสามารถเทียบเคียงภาพดังกล่าวกับความรู้เดิมของนักเรียนและเชื่อมโยงไปสู่แนวคิดใหม่ได้ถูกต้อง ครูอาจแก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยนำอภิปรายในส่วนของภาพที่นักเรียนไม่รู้จักก่อนที่จะให้นักเรียนทำการเปรียบเทียบภาพนั้นๆ กับความเข้าใจของนักเรียนในเรื่อง โครโมโซม <u>สิ่งที่ได้เรียนรู้</u> ในการเลือกภาพที่ใช้ในการจัดกิจกรรม ครูควรเลือกภาพที่นักเรียนมีประสบการณ์เดิม มีความคุ้นเคย หรือรู้จักว่าภาพดังกล่าว คือภาพอะไร เพื่อสามารถเทียบเคียงกับความรู้เดิมของนักเรียนในเรื่องที่ครูต้องการสำรวจได้

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

กรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย	ปัญหา/อุปสรรค แนวทางแก้ไข และสิ่งที่ได้เรียนรู้
4. การสร้างความหมายจากการอภิปรายแสดงความคิดเห็นเห็นกลุ่มใหญ่	ปัญหา/อุปสรรค นักเรียนใช้เวลาในการรายงานผลการทำกิจกรรมค่อนข้างมาก ทำให้นักเรียนคนอื่นๆ เกิดความเบื่อหน่าย แนวทางแก้ไข ในระหว่างทำกิจกรรม ครูควรเดินดูผลของกิจกรรมตามกลุ่มก่อน จากนั้นจึงเลือกนักเรียนบางกลุ่มที่มีผลการทำกิจกรรมที่เป็นตัวแทนของนักเรียนทั้งห้องเพื่อนำเสนอ และอภิปรายร่วมกัน โดยไม่ต้องให้นักเรียนทุกกลุ่มนำเสนอและอภิปรายผล สิ่งที่ได้เรียนรู้ การนำเสนอและอภิปรายผลของกิจกรรม ครูควรเลือกกลุ่มที่มีผลของกิจกรรมน่าสนใจและเป็นตัวแทนของผลกิจกรรมภายในห้องได้ เพื่อลดเวลาในการนำเสนอผล และช่วยให้นักเรียนไม่เกิดความเบื่อหน่ายในการเรียน
5. การใช้เทคนิคอุปมาอุปไมย	ปัญหา/อุปสรรค ภาพที่ใช้ในกิจกรรมมีบางส่วนในภาพที่นักเรียนไม่รู้จัก แนวทางแก้ไข ภาพที่ใช้ในกิจกรรมควรชัดเจนและนักเรียนรู้จัก สิ่งที่ได้เรียนรู้ การเลือกภาพในกิจกรรมควรมีความชัดเจนและหากกิจกรรมต้องใช้ส่วนประกอบในภาพควรเลือกภาพที่นักเรียนรู้จักส่วนประกอบ
ขั้นสรุป ครูอภิปรายโดยใช้คำถาม“โครโมโซมมีลักษณะอย่างไร” “นักวิทยาศาสตร์จำแนกโครโมโซมออกเป็นกี่ประเภท มีเกณฑ์ในการจำแนกอย่างไร” “โครโมโซมแต่ละประเภทได้แก่อะไรบ้าง และมีลักษณะอย่างไร”	
1. การนำเอาความรู้เดิมของผู้เรียนในเรื่องที่สอนมาใช้เป็นแนวทางในการสร้างองค์ความรู้ใหม่	ปัญหา/อุปสรรค - แนวทางแก้ไข - สิ่งที่ได้เรียนรู้ -

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

กรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย	ปัญหา/อุปสรรค แนวทางแก้ไข และสิ่งที่ได้เรียนรู้
2. การให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรม กับครู หรือการมีปฏิสัมพันธ์กันเองระหว่างผู้เรียนเพื่อแสวงหาองค์ความรู้ใหม่	ปัญหา/อุปสรรค - แนวทางแก้ไข - สิ่งที่ได้เรียนรู้ -
3. การที่ผู้สอนมีบทบาทเป็นผู้เสนอแนะและผู้จัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง	ปัญหา/อุปสรรค - แนวทางแก้ไข - สิ่งที่ได้เรียนรู้ -
4. การสร้างความหมายจากการอภิปรายแสดงความคิดเห็นเห็นกลุ่มใหญ่	ปัญหา/อุปสรรค การใช้คำถามเพื่อการอภิปรายสรุปแนวคิดในกิจกรรมยังไม่ครอบคลุม แนวทางแก้ไข ใช้วิธีการสรุปแบบอื่นที่ใช้เวลาในการสรุปน้อยลงแต่ยังคงได้ข้อมูลว่านักเรียนได้เรียนรู้อะไรบ้าง เช่นการใช้แบบฝึกหัด การอธิบายภาพ สิ่งที่ได้เรียนรู้ ในเวลาที่จำกัด การใช้คำถามอาจไม่สามารถสรุปได้ครอบคลุมทุกแนวคิด จึงควรใช้เทคนิคอื่น เช่น การทำแบบฝึกหัด การอธิบายภาพ
5. การใช้เทคนิคอุปมาอุปไมย	ปัญหา/อุปสรรค - แนวทางแก้ไข - สิ่งที่ได้เรียนรู้ -

ตารางที่ 4.4 ผลการวิจัยจากการใช้แผนที่ 3 เรื่อง ส่วนประกอบและการจัดเรียงตัวของโครโมโซม ตามกรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย

กรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย	ปัญหา/อุปสรรค แนวทางแก้ไข และสิ่งที่ได้เรียนรู้
<u>ชั้นนำ</u> ครูสำรวจความรู้เดิมของนักเรียนในเรื่องส่วนประกอบและการจัดเรียงตัวของโครโมโซม โดยใช้กิจกรรมเรื่องส่วนประกอบและการจัดเรียงตัวของโครโมโซม โดยให้นักเรียนสังเกตลักษณะของโครโมโซมในการแบ่งเซลล์ระยะต่างๆ และถามว่า “โครโมโซมในระยะอินเทอร์เฟส กลายเป็นโครโมโซมในระยะเมตาเฟสได้อย่างไร”	
1. การนำเอาความรู้เดิมของผู้เรียนในเรื่องที่สอนมาใช้เป็นแนวทางในการสร้างองค์ความรู้ใหม่	<u>ปัญหา/อุปสรรค</u> นักเรียนบางคนมีความรู้พื้นฐานในเรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสและไมโทซิสไม่เพียงพอ ทำให้ไม่สามารถตอบคำถามได้ <u>แนวทางแก้ไข</u> ควรมีการทบทวนความรู้พื้นฐานในเรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสและไมโทซิสก่อนที่จะสอนเรื่องส่วนประกอบและการจัดเรียงตัวของโครโมโซม <u>สิ่งที่ได้เรียนรู้</u> ครูควรมีเทคนิคในการทบทวนความรู้พื้นฐานของนักเรียนในเวลาอันสั้น เช่น การอภิปราย การทดสอบ
2. การให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรม กับครู หรือการมีปฏิสัมพันธ์กันเองระหว่างผู้เรียนเพื่อแสวงหาองค์ความรู้ใหม่	<u>ปัญหา/อุปสรรค</u> - <u>แนวทางแก้ไข</u> - <u>สิ่งที่ได้เรียนรู้</u> -
3. การที่ผู้สอนมีบทบาทเป็นผู้เสนอแนะและจัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง	<u>ปัญหา/อุปสรรค</u> - <u>แนวทางแก้ไข</u> - <u>สิ่งที่ได้เรียนรู้</u> -

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

กรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย	ปัญหา/อุปสรรค แนวทางแก้ไข และสิ่งที่ได้เรียนรู้
4. การสร้างความหมายจากการอภิปรายแสดงความคิดเห็นในกลุ่มใหญ่	ปัญหา/อุปสรรค - แนวทางแก้ไข - สิ่งที่ได้เรียนรู้ -
5. การใช้เทคนิคอุปมาอุปไมย	ปัญหา/อุปสรรค - แนวทางแก้ไข - สิ่งที่ได้เรียนรู้ -
ข้อเสนอ นักเรียนทำกิจกรรมเรื่อง ส่วนประกอบและการจัดเรียงตัวของโครโมโซม โดยการสร้างโครโมโซมจากเส้นด้ายและแกนพลาสติก จากนั้นนักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายวิธีการทำกิจกรรมและผลของกิจกรรม และนักเรียนภายในกลุ่มเดียวกันร่วมกันหาวิธีสร้างโครโมโซมที่มีขนาดเล็กที่สุดจากเส้นด้ายและแกนพลาสติกเพื่อให้นักเรียนเข้าใจเรื่องการจัดเรียงตัวของโครโมโซม	
1. การนำเอาความรู้เดิมของผู้เรียนในเรื่องที่สอนมาใช้เป็นแนวทางในการสร้างองค์ความรู้ใหม่	ปัญหา/อุปสรรค - แนวทางแก้ไข - สิ่งที่ได้เรียนรู้ -
2. การให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรม กับครู หรือการมีปฏิสัมพันธ์กันเองระหว่างผู้เรียนเพื่อแสวงหาองค์ความรู้ใหม่	ปัญหา/อุปสรรค นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงผลจากการทำกิจกรรมไปยังแนวคิดวิทยาศาสตร์ได้ แนวทางแก้ไข ครูควรมีการอภิปรายเน้นย้ำให้นักเรียนเข้าใจว่าอุปกรณ์แต่ละชิ้นแทนอะไรและกระบวนการในการพันเชือกแทนอะไรในแนวคิดเรื่อง ส่วนประกอบและการจัดเรียงตัวของโครโมโซม เพื่อให้ให้นักเรียนทำ

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

กรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย	ปัญหา/อุปสรรค แนวทางแก้ไข และสิ่งที่ได้เรียนรู้
2. การให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรม กับครู หรือการมีปฏิสัมพันธ์กันเองระหว่างผู้เรียนเพื่อแสวงหาองค์ความรู้ใหม่	กิจกรรมด้วยความเข้าใจ และในการอภิปรายเพื่อสรุปกิจกรรมครูควรอภิปรายให้เชื่อมโยงไปยังจุดประสงค์ของกิจกรรม <u>สิ่งที่ได้เรียนรู้</u> ครูควรเน้นย้ำและให้ความสำคัญกับการชี้แจงให้นักเรียนเข้าใจถึงอุปกรณ์ที่ใช้ในกิจกรรมกับแนวคิดหลักที่ต้องการเชื่อมโยงไปถึง รวมทั้งเน้นย้ำถึงวัตถุประสงค์ของกิจกรรมก่อนทำกิจกรรม ระหว่างทำกิจกรรม และหลังทำกิจกรรม เพื่อให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงการปฏิบัติไปยังแนวคิดหลักได้
3. การที่ผู้สอนมีบทบาทเป็นผู้เสนอแนะและผู้จัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง	<u>ปัญหา/อุปสรรค</u> การนำอภิปรายของครูยังไม่สามารถทำให้นักเรียนเข้าใจได้ว่าอุปกรณ์แต่ละชิ้นแทนอะไร <u>แนวทางแก้ไข</u> ครูควรใช้คำถามอภิปรายที่เชื่อมโยงเข้าสู่กิจกรรมให้ชัดเจน แสดงตัวอย่างให้นักเรียนทุกคนเห็นการเปรียบเทียบว่าอุปกรณ์ชิ้นนี้แทนแนวคิดอะไร <u>สิ่งที่ได้เรียนรู้</u> ครูควรแสดงให้เห็นการเปรียบเทียบแนวคิดหลักกับสิ่งที่แทนแนวคิดนั้นก่อนนำอภิปราย
4. การสร้างความหมายจากการอภิปรายแสดงความคิดเห็นในกลุ่มใหญ่	<u>ปัญหา/อุปสรรค</u> คำถามที่ใช้ไม่สามารถนำไปสู่คำตอบที่ต้องการได้และเชื่อมโยงไปยังแนวคิดหลักได้ <u>แนวทางแก้ไข</u> ครูควรเรียงลำดับคำถามจากง่ายไปยากเพื่อให้นักเรียนสามารถลำดับความคิดเชื่อมโยงไปยังแนวคิดหลักที่ต้องการ <u>สิ่งที่ได้เรียนรู้</u> การใช้คำถามในการอภิปรายเพื่อสรุปข้อความรู้จากกิจกรรมควรเรียงลำดับคำถามจากง่ายไปยากเพื่อให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงผลของกิจกรรมไปยังแนวคิดหลักได้

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

กรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย	ปัญหา/อุปสรรค แนวทางแก้ไข และสิ่งที่ได้เรียนรู้
5. การใช้เทคนิคอุปมาอุปไมย	<u>ปัญหา/อุปสรรค</u> อุปกรณ์ที่มีลักษณะแตกต่างจากแนวคิดหลักมากทำให้นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงกิจกรรมที่ทำไปยังแนวคิดหลักได้ <u>แนวทางแก้ไข</u> ควรเลือกอุปกรณ์ที่มีลักษณะคล้ายคลึงหรือใกล้เคียงกับแนวคิดหลัก และควรให้มีการเน้นย้ำว่าอุปกรณ์แต่ละอย่างแทนอะไรในแนวคิดหลัก และอุปกรณ์ดังกล่าวมีความเหมือนและแตกต่างกับแนวคิดหลักในแง่มุมใดบ้าง <u>สิ่งที่ได้เรียนรู้</u> ครูควรเลือกอุปกรณ์ที่ใช้ในกิจกรรมที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับแนวคิดหลัก และควรเน้นย้ำกับนักเรียนถึงความเหมือนและความแตกต่างของอุปกรณ์กับแนวคิดหลัก
<u>ขั้นสรุป</u> ครูแสดงภาพโครโมโซมแล้วถามคำถาม “โครโมโซมมีส่วนประกอบอะไรบ้าง” “โครโมโซมมีลักษณะเป็นแท่งได้อย่างไร”	
1. การนำเอาความรู้เดิมของผู้เรียนในเรื่องที่สอนมาใช้เป็นแนวทางในการสร้างองค์ความรู้ใหม่	<u>ปัญหา/อุปสรรค</u> - <u>แนวทางแก้ไข</u> - <u>สิ่งที่ได้เรียนรู้</u> -
2. การให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรม กับครู หรือการมีปฏิสัมพันธ์กันเองระหว่างผู้เรียนเพื่อแสวงหาองค์ความรู้ใหม่	<u>ปัญหา/อุปสรรค</u> - <u>แนวทางแก้ไข</u> - <u>สิ่งที่ได้เรียนรู้</u> -

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

กรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย	ปัญหา/อุปสรรค แนวทางแก้ไข และสิ่งที่ได้เรียนรู้
3. การที่ผู้สอนมีบทบาทเป็นผู้เสนอแนะและผู้จัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง	ปัญหา/อุปสรรค - แนวทางแก้ไข - สิ่งที่ได้เรียนรู้ -
4. การสร้างความหมายจากการอภิปรายแสดงความคิดเห็นในกลุ่มใหญ่	ปัญหา/อุปสรรค - แนวทางแก้ไข - สิ่งที่ประสบความสำเร็จในการสอน การเลือกนักเรียนที่มีผลการทำกิจกรรมแตกต่างกัน และครูนำอภิปรายในส่วนที่ต่างกันทำให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้น
5. การใช้เทคนิคอุปมาอุปไมย	ปัญหา/อุปสรรค - แนวทางแก้ไข - สิ่งที่ได้เรียนรู้ -

ตารางที่ 4.5 ผลการวิจัยจากการใช้แผนที่ 4 เรื่อง โครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของ ดีเอ็นเอ ตามกรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย

กรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย	ปัญหา/อุปสรรค แนวทางแก้ไข และสิ่งที่ได้เรียนรู้
<u>ชั้นนำ</u> ครูใช้คำถามเพื่อสำรวจความรู้เดิมของนักเรียน เรื่อง รูปร่างลักษณะของโครโมโซม โดยมีแนวคำถามว่า “ดีเอ็นเอที่นักเรียนรู้จักมีรูปร่างเป็นอย่างไร” และให้นักเรียนเติมองค์ประกอบดีเอ็นเอในภาพ ดีเอ็นเอ	
1. การนำเอาความรู้เดิมของผู้เรียนในเรื่องที่สอนมาใช้เป็นแนวทางในการสร้างองค์ความรู้ใหม่	<u>ปัญหา/อุปสรรค</u> - <u>แนวทางแก้ไข</u> - <u>สิ่งที่ได้เรียนรู้</u> คำถามและภาพที่ใช้ในกิจกรรมที่นักเรียนมีความคุ้นเคยหรือรู้จักสามารถกระตุ้นให้นักเรียนอยากเรียนรู้แนวคิดหลักที่ต้องการสอนได้
2. การให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรม กับครู หรือการมีปฏิสัมพันธ์กันเองระหว่างผู้เรียนเพื่อแสวงหาองค์ความรู้ใหม่	<u>ปัญหา/อุปสรรค</u> - <u>แนวทางแก้ไข</u> - <u>สิ่งที่ได้เรียนรู้</u> -
3. การที่ผู้สอนมีบทบาทเป็นผู้เสนอแนะและจัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง	<u>ปัญหา/อุปสรรค</u> - <u>แนวทางแก้ไข</u> - <u>สิ่งที่ได้เรียนรู้</u> -
4. การสร้างความหมายจากการอภิปรายแสดงความคิดเห็นในกลุ่มใหญ่	<u>ปัญหา/อุปสรรค</u> - <u>แนวทางแก้ไข</u> - <u>สิ่งที่ได้เรียนรู้</u> -

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

กรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย	ปัญหา/อุปสรรค แนวทางแก้ไข และสิ่งที่ได้เรียนรู้
5. การใช้เทคนิคอุปมาอุปไมย	ปัญหา/อุปสรรค - แนวทางแก้ไข - สิ่งที่ได้เรียนรู้ -
<u>ขั้นตอน</u> นักเรียนทำกิจกรรมเรื่อง โครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ โดยศึกษาลักษณะโครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอจากแบบจำลอง ดีเอ็นเอ และนำเสนอผลการทำกิจกรรมหน้าชั้นเรียนเพื่อเปรียบเทียบกับเพื่อนกลุ่มอื่น จากนั้นนักเรียนชมวีดิทัศน์โครงสร้างและองค์ประกอบของดีเอ็นเอ เพื่อเปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่างของโครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอในวีดิทัศน์และผลจากการทำกิจกรรมหน้าชั้นเรียน	
1. การนำเอาความรู้เดิมของผู้เรียนในเรื่องที่สอนมาใช้เป็นแนวทางในการสร้างองค์ความรู้ใหม่	ปัญหา/อุปสรรค - แนวทางแก้ไข - สิ่งที่ได้เรียนรู้ -
2. การให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรม กับครู หรือการมีปฏิสัมพันธ์กันเองระหว่างผู้เรียนเพื่อแสวงหาองค์ความรู้ใหม่	ปัญหา/อุปสรรค นักเรียนหลายคนยังมีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรมน้อยเนื่องจากกิจกรรมใช้การสังเกตเพียงอย่างเดียว แนวทางแก้ไข ควรจัดกิจกรรมให้หลากหลาย และให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติมากกว่าการสังเกตเพียงอย่างเดียว สิ่งที่ได้เรียนรู้ ครูควรจัดกิจกรรมให้มีความหลากหลาย และให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

กรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย	ปัญหา/อุปสรรค แนวทางแก้ไข และสิ่งที่ได้เรียนรู้
3. การที่ผู้สอนมีบทบาทเป็นผู้เสนอแนะและผู้จัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง	<u>ปัญหา/อุปสรรค</u> ครูอภิปรายวิธีการทำกิจกรรมไม่ชัดเจน ทำให้นักเรียนสับสน <u>แนวทางแก้ไข</u> ครูควรอภิปรายวิธีการทำกิจกรรมให้ชัดเจน และให้นักเรียนปฏิบัติตามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจ <u>สิ่งที่ได้เรียนรู้</u> ครูควรศึกษาวิธีการทำกิจกรรมให้เข้าใจ และมีกิจกรรมที่หลากหลาย และให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ
4. การสร้างความหมายจากการอภิปรายแสดงความคิดเห็นในกลุ่มใหญ่	<u>ปัญหา/อุปสรรค</u> นักเรียนเบื่อหน่ายกับการสังเกตแบบจำลองดีเอ็นเอเพียงอย่างเดียวทำให้นักเรียนร่วมการอภิปรายน้อยลง <u>แนวทางแก้ไข</u> ควรให้นักเรียนได้หยิบจับ แกะ หรือประกอบแบบจำลองจะช่วยให้ นักเรียนไม่เบื่อหน่ายและเกิดความเข้าใจแนวคิดมากขึ้น <u>สิ่งที่ได้เรียนรู้</u> ข้อมูลที่นักเรียนสามารถนำมาอภิปรายได้ควรมาจากประสบการณ์ หากนักเรียนไม่ได้มีปฏิสัมพันธ์กับอุปกรณ์ก็จะมีข้อมูลเพื่อมาอภิปรายทำให้เกิดการเรียนรู้แนวคิดวิทยาศาสตร์
5. การใช้เทคนิคอุปมาอุปไมย	<u>ปัญหา/อุปสรรค</u> นักเรียนไม่สามารถหยิบประกอบแบบจำลองได้ทำให้การใช้แบบจำลองไม่สามารถช่วยให้นักเรียนเกิดแนวคิดวิทยาศาสตร์ได้ ถึงแม้ว่าตัวแบบจำลองจะมีรูปลักษณ์เหมือนกับแนวคิดหลักก็ตาม <u>แนวทางแก้ไข</u> ควรส่งเสริมให้นักเรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับอุปกรณ์ที่ใช้ในกิจกรรม เช่น นักเรียนสามารถหยิบถอดประกอบแบบจำลองได้ น่าจะช่วยให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์มากขึ้น

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

กรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย	ปัญหา/อุปสรรค แนวทางแก้ไข และสิ่งที่ได้เรียนรู้
5. การใช้เทคนิคอุปมาอุปไมย	สิ่งที่ได้เรียนรู้ การสังเกตแบบจำลองเพียงอย่างเดียวยังไม่สามารถทำให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ได้
<u>ขั้นสรุป</u> ครูแสดงภาพโครงสร้างของดีเอ็นเอ เพื่อสรุปความรู้จากกิจกรรมทั้งหมด โดยมีแนวคำถามดังนี้ “โครงสร้างดีเอ็นเอมีรูปร่างอย่างไร” “ดีเอ็นเอเกิดขึ้นจากองค์ประกอบใด” “นิวคลีโอไทด์ของดีเอ็นเอมีองค์ประกอบใดบ้าง” และ “นิวคลีโอไทด์มีกี่ชนิด แตกต่างกันอย่างไร”	
1. การนำเอาความรู้เดิมของผู้เรียนในเรื่องที่สอนมาใช้เป็นแนวทางในการสร้างองค์ความรู้ใหม่	<u>ปัญหา/อุปสรรค</u> - <u>แนวทางแก้ไข</u> - <u>สิ่งที่ได้เรียนรู้</u> -
2. การให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรม กับครู หรือการมีปฏิสัมพันธ์กันเองระหว่างผู้เรียนเพื่อแสวงหาองค์ความรู้ใหม่	<u>ปัญหา/อุปสรรค</u> - <u>แนวทางแก้ไข</u> - <u>สิ่งที่ได้เรียนรู้</u> -
3. การที่ผู้สอนมีบทบาทเป็นผู้เสนอแนะและจัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง	<u>ปัญหา/อุปสรรค</u> - <u>แนวทางแก้ไข</u> - <u>สิ่งที่ได้เรียนรู้</u> -
4. การสร้างความหมายจากการอภิปรายแสดงความคิดเห็นในกลุ่มใหญ่	<u>ปัญหา/อุปสรรค</u> คำถามที่ใช้ในการสรุปแนวคิดที่เรียนมีมากทำให้เวลาที่ใช้ในคาบเรียนไม่เพียงพอที่จะสรุปแนวคิดให้ชัดเจนได้ทั้งหมด

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

กรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย	ปัญหา/อุปสรรค แนวทางแก้ไข และสิ่งที่ได้เรียนรู้
4. การสร้างความหมายจากการอภิปรายแสดงความคิดเห็นในกลุ่มใหญ่	สิ่งที่ได้เรียนรู้ การใช้คำถามเพื่อสรุปแนวคิดที่มีจำนวนมากและซับซ้อนอาจไม่สามารถสรุปเรื่องที่เรียนได้ครอบคลุม ครูจึงควรใช้เทคนิคอื่นๆ เช่น การทำแบบทดสอบ การอภิปรายภาพ ฯลฯ
5. การใช้เทคนิคอุปมาอุปไมย	ปัญหา/อุปสรรค - แนวทางแก้ไข - สิ่งที่ได้เรียนรู้ -

ตารางที่ 4.6 ผลการวิจัยจากการใช้แผนที่ 5 เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ ตามกรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย

กรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย	ปัญหา/อุปสรรค แนวทางแก้ไข และสิ่งที่ได้เรียนรู้
ชั้นนำ ครูใช้คำถามเพื่อสำรวจความรู้เดิมของนักเรียน โดยการแสดงภาพโครโมโซมที่มี 2 โครมาติด และมีแนวคำถามว่า “ซิสเตอร์โครมาติด เกิดขึ้นได้อย่างไร” และ “ภายในซิสเตอร์โครมาติด มีดีเอ็นเอที่เหมือนกันหรือไม่”	
1. การนำเอาความรู้เดิมของผู้เรียนในเรื่องที่สอนมาใช้เป็นแนวทางในการสร้างองค์ความรู้ใหม่	ปัญหา/อุปสรรค นักเรียนบางคนไม่มีความรู้พื้นฐานเรื่องซิสเตอร์โครมาติด จึงไม่สามารถตอบคำถามได้ แนวทางแก้ไข ครูควรใช้คำถามทบทวนความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับซิสเตอร์โครมาติดก่อน

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

กรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย	ปัญหา/อุปสรรค แนวทางแก้ไข และสิ่งที่ได้เรียนรู้
1. การนำเอาความรู้เดิมของผู้เรียนในเรื่องที่สอนมาใช้เป็นแนวทางในการสร้างองค์ความรู้ใหม่	สิ่งที่ได้เรียนรู้ การใช้คำถามยังไม่ครอบคลุมความรู้พื้นฐานที่สำคัญ จึงทำให้นักเรียนไม่สามารถสร้างองค์ความรู้ใหม่ได้ เพราะขาดความรู้พื้นฐานในเรื่องที่เรียน ดังนั้น ก่อนที่จะสอนความรู้ใหม่ นอกจากสำรวจความรู้เดิมแล้ว ครูควรสำรวจความรู้พื้นฐานที่จำเป็นในแนวคิดหลักที่ต้องการสอนด้วย
2. การให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรม กับครู หรือการมีปฏิสัมพันธ์กันเองระหว่างผู้เรียนเพื่อแสวงหาองค์ความรู้ใหม่	ปัญหา/อุปสรรค - แนวทางแก้ไข - สิ่งที่ได้เรียนรู้ -
3. การที่ผู้สอนมีบทบาทเป็นผู้เสนอแนะและผู้จัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง	ปัญหา/อุปสรรค - แนวทางแก้ไข - สิ่งที่ได้เรียนรู้ -
4. การสร้างความหมายจากการอภิปรายแสดงความคิดเห็นในกลุ่มใหญ่	ปัญหา/อุปสรรค - แนวทางแก้ไข - สิ่งที่ได้เรียนรู้ -
5. การใช้เทคนิคอุปมาอุปไมย	ปัญหา/อุปสรรค - แนวทางแก้ไข - สิ่งที่ได้เรียนรู้ -

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

กรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย	ปัญหา/อุปสรรค แนวทางแก้ไข และสิ่งที่ได้เรียนรู้
<u>ขั้นสอน</u> นักเรียนทำกิจกรรมการสร้างแบบจำลองของการจำลองดีเอ็นเอ เพื่อศึกษาว่าดีเอ็นเอที่เหมือนกันในซิสเตอร์โครมาติดเกิดขึ้นได้อย่างไร จากนั้นนักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายวิธีการทำกิจกรรม จากนั้นนักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสร้างแบบจำลองของการจำลอง DNA ด้วยตัวต่อกระดาษ และนำเสนอผลการทำกิจกรรมเปรียบเทียบกับเพื่อนกลุ่มอื่น จากนั้นนักเรียนชมวีดิทัศน์เรื่องการจำลองดีเอ็นเอ เพื่อเปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่างของการจำลองดีเอ็นเอในวีดิทัศน์และผลที่ได้จากกิจกรรมหน้าชั้นเรียน	
1. การนำเอาความรู้เดิมของผู้เรียนในเรื่องที่สอนมาใช้เป็นแนวทางในการสร้างองค์ความรู้ใหม่	<u>ปัญหา/อุปสรรค</u> - <u>แนวทางแก้ไข</u> - <u>สิ่งที่ได้เรียนรู้</u> -
2. การให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรม กับครู หรือการมีปฏิสัมพันธ์กันเองระหว่างผู้เรียนเพื่อแสวงหาองค์ความรู้ใหม่	<u>ปัญหา/อุปสรรค</u> นักเรียนบางกลุ่มมีการอภิปรายกิจกรรมแต่ไม่ทำกิจกรรม นักเรียนจะรอคอยให้ครูเข้าไปเสนอแนะ เพราะกลัวทำผิด <u>แนวทางแก้ไข</u> ครูควรส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความมั่นใจในการทำกิจกรรมด้วยตนเอง ด้วยการชมเชย และไม่ตำหนินักเรียนเมื่อทำไม่ถูกต้อง หรือได้ผลคลาดเคลื่อน <u>สิ่งที่ได้เรียนรู้</u> ครูควรให้แรงเสริมทางบวกเพื่อให้นักเรียนเกิดความมั่นใจในการทำกิจกรรมและการอภิปรายผล โดยการให้ความสำคัญกับความคิดและเหตุผลของนักเรียน และกล่าวชมเชย
3. การที่ผู้สอนมีบทบาทเป็นผู้เสนอแนะและผู้จัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง	<u>ปัญหา/อุปสรรค</u> ปัญหาและข้อสงสัยของนักเรียนมักมีซ้ำกันหลายกลุ่ม

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

กรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย	ปัญหา/อุปสรรค แนวทางแก้ไข และสิ่งที่ได้เรียนรู้
3. การที่ผู้สอนมีบทบาทเป็นผู้เสนอแนะและผู้จัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง	<u>แนวทางแก้ไข</u> ครูควรนำปัญหาและข้อสงสัยของนักเรียนที่คล้ายคลึงกันในหลายกลุ่มมาอภิปรายพร้อมกันทั้งห้องเพื่อลดระยะเวลาที่ครูต้องเสนอแนะทุกกลุ่ม และควรส่งเสริมให้นักเรียนหาคำตอบด้วยตนเองก่อน <u>สิ่งที่ได้เรียนรู้</u> ครูควรนำปัญหาและข้อสงสัยของนักเรียนที่ซ้ำกันหลายกลุ่ม มาอภิปรายพร้อมกันทั้งห้อง และในบางคำถาม ครูควรส่งเสริมให้นักเรียนหาคำตอบด้วยตนเองก่อน แทนที่จะรอคอยคำตอบจากครู
4. การสร้างความหมายจากการอภิปรายแสดงความคิดเห็นในกลุ่มใหญ่	<u>ปัญหา/อุปสรรค</u> การบันทึกผลเพื่อนำเสนอและอภิปรายผลของกิจกรรมใช้เวลาในการสร้าง PowerPoint ในการนำเสนอานทำให้การอภิปรายไม่ต่อเนื่องกับการทำกิจกรรมและใช้เวลานาน <u>แนวทางแก้ไข</u> ควรใช้การบันทึกผลกิจกรรมโดยวิธีอื่นที่ประหยัดเวลา เช่น การวาดภาพเพื่อทำให้การนำเสนอใช้เวลาน้อยและต่อเนื่องกับการทำกิจกรรม <u>สิ่งที่ได้เรียนรู้</u> การนำเสนอผลกิจกรรมจากภาพใน PowerPoint ใช้เวลานานจึงควรใช้การบันทึกผลกิจกรรมที่ประหยัดเวลา เช่น การวาดภาพลงในใบกิจกรรม
5. การใช้เทคนิคอุปมาอุปไมย	<u>ปัญหา/อุปสรรค</u> นักเรียนหลายคนยังจำหน้าที่ของตัวต่อกระดาดได้ไม่ครบ หรือไม่ถูกต้อง <u>แนวทางแก้ไข</u> ควรอภิปรายเน้นย้ำให้นักเรียนจำและเข้าใจหน้าที่ของตัวต่อกระดาดให้ชัดเจน <u>สิ่งที่ได้เรียนรู้</u> การใช้ตัวต่อกระดาดสามารถใช้แทนแนวคิดหลักได้ แต่ต้องมีการอภิปรายหน้าที่ของตัวต่อให้ชัดเจน

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

กรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย	ปัญหา/อุปสรรค แนวทางแก้ไข และสิ่งที่ได้เรียนรู้
<u>ขั้นสรุป</u> นักเรียนบันทึกสรุปผลลงในช่องสิ่งที่ฉันเรียนรู้แล้ว และอภิปรายขั้นตอนการจำลองดีเอ็นเอร่วมกัน	
1. การนำเอาความรู้เดิมของผู้เรียนในเรื่องที่สอนมาใช้เป็นแนวทางในการสร้างองค์ความรู้ใหม่	<u>ปัญหา/อุปสรรค</u> - <u>แนวทางแก้ไข</u> - <u>สิ่งที่ได้เรียนรู้</u> -
2. การให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรม กับครู หรือการมีปฏิสัมพันธ์กันเองระหว่างผู้เรียนเพื่อแสวงหาองค์ความรู้ใหม่	<u>ปัญหา/อุปสรรค</u> - <u>แนวทางแก้ไข</u> - <u>สิ่งที่ได้เรียนรู้</u> -
3. การที่ผู้สอนมีบทบาทเป็นผู้เสนอแนะและผู้จัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง	<u>ปัญหา/อุปสรรค</u> - <u>แนวทางแก้ไข</u> - <u>สิ่งที่ได้เรียนรู้</u> -
4. การสร้างความหมายจากการอภิปรายแสดงความคิดเห็นในกลุ่มใหญ่	<u>ปัญหา/อุปสรรค</u> แนวคิดที่เรียนมีคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์มากและเป็นกระบวนการทำให้มีรายละเอียดมากในการอภิปราย จึงใช้เวลานาน <u>แนวทางแก้ไข</u> ควรใช้เทคนิคอื่นช่วยในการสรุป เช่น การทำแบบฝึกหัด <u>สิ่งที่ได้เรียนรู้</u> การสรุปแนวคิดที่มีคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์มาก และเป็นกระบวนการควรใช้เทคนิคหลายเทคนิคทั้งการใช้คำถามกับการทำแบบฝึกหัด

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

กรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย	ปัญหา/อุปสรรค แนวทางแก้ไข และสิ่งที่ได้เรียนรู้
5. การใช้เทคนิคอุปมาอุปไมย	ปัญหา/อุปสรรค - แนวทางแก้ไข - สิ่งที่ได้เรียนรู้ -

ตารางที่ 4.7 ผลการวิจัยจากการใช้แผนที่ 6 เรื่อง การถอดรหัส ตามกรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย

กรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย	ปัญหา/อุปสรรค แนวทางแก้ไข และสิ่งที่ได้เรียนรู้
ชั้นนำ ครูแสดงภาพเซลล์เม็ดเลือดแดงแบบปกติและแบบที่เป็นโรคซิกเคิลเซลล์และให้นักเรียนบอกความสำคัญของดีเอ็นเอที่ควบคุมลักษณะของเซลล์เม็ดเลือดแดงโดยมีแนวคำถามว่า “ดีเอ็นเอในนิวเคลียสสามารถควบคุมลักษณะของเซลล์เม็ดเลือดแดงได้อย่างไร”	
1. การนำเอาความรู้เดิมของผู้เรียนในเรื่องที่สอนมาใช้เป็นแนวทางในการสร้างองค์ความรู้ใหม่	ปัญหา/อุปสรรค คำถามที่ใช้ในการสำรวจความรู้เดิมของผู้เรียนยังไม่ครอบคลุม แนวทางแก้ไข ควรเพิ่มคำถาม “สิ่งใด เป็นตัวกำหนดลักษณะของเม็ดเลือดแดง” สิ่งที่ได้เรียนรู้ ครูควรปรับคำถามที่ใช้ในการอภิปรายให้ชัดเจน เข้าใจง่าย

ตารางที่ 4.7 (ต่อ)

กรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย	ปัญหา/อุปสรรค แนวทางแก้ไข และสิ่งที่ได้เรียนรู้
2. การให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรม กับครู หรือการมีปฏิสัมพันธ์กันเองระหว่างผู้เรียนเพื่อแสวงหาองค์ความรู้ใหม่	ปัญหา/อุปสรรค - แนวทางแก้ไข - สิ่งที่ได้เรียนรู้ -
3. การที่ผู้สอนมีบทบาทเป็นผู้เสนอแนะและจัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง	ปัญหา/อุปสรรค - แนวทางแก้ไข - สิ่งที่ได้เรียนรู้ -
4. การสร้างความหมายจากการอภิปรายแสดงความคิดเห็นในกลุ่มใหญ่	ปัญหา/อุปสรรค - แนวทางแก้ไข - สิ่งที่ได้เรียนรู้ -
5. การใช้เทคนิคอุปมาอุปไมย	ปัญหา/อุปสรรค - แนวทางแก้ไข - สิ่งที่ได้เรียนรู้ -
ข้อเสนอ นักเรียนทำกิจกรรม เรื่อง การถอดรหัส โดยสร้างแบบจำลองของการถอดรหัสโดยใช้ตัวต่อเบสของนิวคลีโอไทด์ เพื่อสร้าง mRNA จากนั้นนักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายผลของกิจกรรมและนำเสนอผลการทำกิจกรรมหน้าชั้นเรียนเพื่อเปรียบเทียบกับเพื่อนกลุ่มอื่น จากนั้นนักเรียนชมวีดิทัศน์เรื่องการถอดรหัส เพื่อเปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่างของการถอดรหัสในวิดิทัศน์และผลจากกิจกรรม	

ตารางที่ 4.7 (ต่อ)

กรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย	ปัญหา/อุปสรรค แนวทางแก้ไข และสิ่งที่ได้เรียนรู้
1. การนำเอาความรู้เดิมของผู้เรียนในเรื่องที่สอนมาใช้เป็นแนวทางในการสร้างองค์ความรู้ใหม่	<u>ปัญหา/อุปสรรค</u> - <u>แนวทางแก้ไข</u> - <u>สิ่งที่ได้เรียนรู้</u> -
2. การให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรม กับครู หรือการมีปฏิสัมพันธ์กันเองระหว่างผู้เรียนเพื่อแสวงหาองค์ความรู้ใหม่	<u>ปัญหา/อุปสรรค</u> - <u>แนวทางแก้ไข</u> - <u>สิ่งที่ได้เรียนรู้</u> การที่ครูมีการอธิบายว่าตัวต่อกระดานในกิจกรรมแทนสิ่งใดในแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง การถอดรหัส จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจวิธีการทำกิจกรรมและสามารถช่วยกับเพื่อนในกลุ่มสร้างแบบจำลองได้ และนักเรียนมีความสงสัยเกี่ยวกับวิธีทำกิจกรรมน้อยลง
3. การที่ผู้สอนมีบทบาทเป็นผู้เสนอแนะและผู้จัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง	<u>ปัญหา/อุปสรรค</u> - <u>แนวทางแก้ไข</u> - <u>สิ่งที่ได้เรียนรู้</u> ครูควรเรียงลำดับคำถามที่ใช้ในการดึงความรู้เดิมและคำถามนำเข้าสู่กิจกรรม
4. การสร้างความหมายจากการอภิปรายแสดงความคิดเห็นในกลุ่มใหญ่	<u>ปัญหา/อุปสรรค</u> หลังทำกิจกรรมและในระหว่างการทำกิจกรรมพบว่ามีนักเรียนหลายคนยังคงมีแนวคิดคลาดเคลื่อน <u>แนวทางแก้ไข</u> ในการอภิปรายผล ครูควรชี้ให้นักเรียนเห็นหลักฐานที่เชื่อมโยงไปสู่แนวคิดวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะประเด็นที่นักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจคลาดเคลื่อน

ตารางที่ 4.7 (ต่อ)

กรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย	ปัญหา/อุปสรรค แนวทางแก้ไข และสิ่งที่ได้เรียนรู้
4. การสร้างความหมายจากการอภิปรายแสดงความคิดเห็นในกลุ่มใหญ่	สิ่งที่ได้เรียนรู้ ควรควรอภิปรายโดยเน้นย้ำประเด็นที่นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนโดยชี้ให้นักเรียนเห็นหลักฐานจากกิจกรรมที่ปฏิบัติ
5. การใช้เทคนิคอุปมาอุปไมย	ปัญหา/อุปสรรค ตัวต่อกระดาษสามารถใช้แทนแนวคิดได้แต่ตำแหน่งที่ใช้ในการต่อกันของตัวต่อกระดาษ ไม่ชัดเจน แนวทางแก้ไข ควรทำสัญลักษณ์ตำแหน่งที่ใช้ต่อกันของตัวต่อกระดาษให้ชัดเจน สิ่งที่ได้เรียนรู้ ตัวต่อกระดาษสามารถแทนแนวคิดได้ดี และตัวต่อที่ใช้ในกิจกรรมควรทำให้ชัดเจน
ขั้นสรุป นักเรียนบันทึกสรุปผลลงในช่องสิ่งที่ฉันเรียนรู้แล้ว และอภิปรายขั้นตอนการถอดรหัส	
1. การนำเอาความรู้เดิมของผู้เรียนในเรื่องที่สอนมาใช้เป็นแนวทางในการสร้างองค์ความรู้ใหม่	ปัญหา/อุปสรรค - แนวทางแก้ไข - สิ่งที่ได้เรียนรู้ -
2. การให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรม กับครู หรือการมีปฏิสัมพันธ์กันเองระหว่างผู้เรียนเพื่อแสวงหาองค์ความรู้ใหม่	ปัญหา/อุปสรรค - แนวทางแก้ไข - สิ่งที่ได้เรียนรู้ -
3. การที่ผู้สอนมีบทบาทเป็นผู้เสนอแนะและผู้จัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง	ปัญหา/อุปสรรค - แนวทางแก้ไข -

ตารางที่ 4.7 (ต่อ)

กรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย	ปัญหา/อุปสรรค แนวทางแก้ไข และสิ่งที่ได้เรียนรู้
3. การที่ผู้สอนมีบทบาทเป็นผู้เสนอแนะและผู้จัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง	สิ่งที่ได้เรียนรู้ -
4. การสร้างความหมายจากการอภิปรายแสดงความคิดเห็นในกลุ่มใหญ่	ปัญหา/อุปสรรค แนวคิดเรื่องการถอดรหัสมีคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์มากและเป็นกระบวนการที่มีรายละเอียดมากและซับซ้อนทำให้ใช้เวลามากในการอภิปราย แนวทางแก้ไข ควรเลือกเฉพาะประเด็นหลักในการอภิปราย หรืออาจใช้เทคนิคอื่นช่วยการสรุป เช่น การทำแบบฝึกหัดเพิ่มเติม สิ่งที่ได้เรียนรู้ ในการสรุปเรื่องที่เรียน ในเนื้อหาที่มีรายละเอียดมากและเป็นกระบวนการซับซ้อนครูอาจใช้วิธีการอื่นในการสรุปเรื่องที่เรียนแทนการอภิปราย เช่น แบบฝึกหัดเพื่อให้สามารถสรุปประเด็นได้ครอบคลุมในเวลาจำกัด
5. การใช้เทคนิคอุปมาอุปไมย	ปัญหา/อุปสรรค - แนวทางแก้ไข - สิ่งที่ได้เรียนรู้ -

ตารางที่ 4.8 ผลการวิจัยจากการใช้แผนที่ 7 เรื่อง โคดอนและการแปลรหัส ตามกรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย

กรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย	ปัญหา/อุปสรรค แนวทางแก้ไข และสิ่งที่ได้เรียนรู้
<u>ชั้นนำ</u> ครูทบทวนความรู้เรื่องการสร้าง mRNA ที่นักเรียนได้เรียนมาจากกิจกรรมก่อนหน้า โดยถามเกี่ยวกับบทบาทหน้าที่ของ mRNA โดยมีแนวคำถามว่า “จากกิจกรรมที่ผ่านมา เซลล์เม็ดเลือดแดงของมนุษย์มีลักษณะแตกต่างกันซึ่งมีสาเหตุจากอะไร” “รหัสพันธุกรรมบน DNA สามารถทำให้เกิดโปรตีนได้อย่างไร”	
1. การนำเอาความรู้เดิมของผู้เรียนในเรื่องที่สอนมาใช้เป็นแนวทางในการสร้างองค์ความรู้ใหม่	<u>ปัญหา/อุปสรรค</u> คำถามที่ใช้ในกิจกรรมยังไม่สามารถดึงความรู้เดิมของนักเรียนได้ <u>แนวทางแก้ไข</u> ควรปรับคำถามให้ชัดเจน หรือมีคำถามนำเพื่อเชื่อมโยงไปยังคำถามที่ต้องการ <u>สิ่งที่ได้เรียนรู้</u> คำถามที่ใช้ในชั้นนำมีความสำคัญในการดึงความรู้เดิมของนักเรียน
2. การให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรม กับครู หรือการมีปฏิสัมพันธ์กันเองระหว่างผู้เรียนเพื่อแสวงหาองค์ความรู้ใหม่	<u>ปัญหา/อุปสรรค</u> - <u>แนวทางแก้ไข</u> - <u>สิ่งที่ได้เรียนรู้</u> -
3. การที่ผู้สอนมีบทบาทเป็นผู้เสนอแนะและผู้จัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง	<u>ปัญหา/อุปสรรค</u> - <u>แนวทางแก้ไข</u> - <u>สิ่งที่ได้เรียนรู้</u> -

ตารางที่ 4.8 (ต่อ)

กรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย	ปัญหา/อุปสรรค แนวทางแก้ไข และสิ่งที่ได้เรียนรู้
4. การสร้างความหมายจากการอภิปรายแสดงความคิดเห็นในกลุ่มใหญ่	ปัญหา/อุปสรรค - แนวทางแก้ไข - สิ่งที่ได้เรียนรู้ -
5. การใช้เทคนิคอุปมาอุปไมย	ปัญหา/อุปสรรค - แนวทางแก้ไข - สิ่งที่ได้เรียนรู้ -
<u>ขั้นสอน</u> นักเรียนทำกิจกรรมเรื่องโคดอนและการแปลรหัส โดยสร้างแบบจำลองของการแปลรหัสโดยใช้ตัวต่อเบส mRNA tRNA และ กรดอะมิโน จากนั้นนักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายผลจากการสร้างแบบจำลองการแปลรหัส และนำเสนอผลการทำกิจกรรมหน้าชั้นเรียนเพื่อเปรียบเทียบกับเพื่อนกลุ่มอื่น จากนั้นนักเรียนชมวีดีทัศน์การแปลรหัส เพื่อเปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่างของการแปลรหัสในวีดีทัศน์และผลจากกิจกรรมหน้าชั้นเรียน	
1. การนำเอาความรู้เดิมของผู้เรียนในเรื่องที่สอนมาใช้เป็นแนวทางในการสร้างองค์ความรู้ใหม่	ปัญหา/อุปสรรค - แนวทางแก้ไข - สิ่งที่ได้เรียนรู้ -
2. การให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรม กับครู หรือการมีปฏิสัมพันธ์กันเองระหว่างผู้เรียนเพื่อแสวงหาองค์ความรู้ใหม่	ปัญหา/อุปสรรค - แนวทางแก้ไข -

ตารางที่ 4.8 (ต่อ)

กรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย	ปัญหา/อุปสรรค แนวทางแก้ไข และสิ่งที่ได้เรียนรู้
2. การให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรม กับครู หรือการมีปฏิสัมพันธ์กันเองระหว่างผู้เรียนเพื่อแสวงหาองค์ความรู้ใหม่	<u>สิ่งที่ได้เรียนรู้</u> ก่อนเริ่มทำกิจกรรม มีการอภิปรายคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์โดยแสดงภาพประกอบที่ใช้แทนคำศัพท์ ก่อนเริ่มทำกิจกรรม เมื่อครูมีการอธิบายให้นักเรียนทราบก่อนว่าตัวต่อกระต่ายแต่ละตัวแทนอะไรในเรื่องการแปลรหัส และมีการให้นักเรียน 1 กลุ่มออกมาสาธิตวิธีการทำกิจกรรมให้เพื่อนดูเบื้องต้น พบว่าทำให้นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการทำกิจกรรม (การสร้างแบบจำลอง) ได้ดีขึ้นและสามารถทำกิจกรรมได้ นอกจากนี้พบว่าหากนักเรียนมีปัญหาในการทำกิจกรรมนักเรียนก็เริ่มที่จะถามเพื่อนกันเองในกลุ่มมากขึ้นกว่าที่จะรอคำตอบจากครู
3. การที่ผู้สอนมีบทบาทเป็นผู้เสนอแนะและผู้จัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง	<u>ปัญหา/อุปสรรค</u> - <u>แนวทางแก้ไข</u> - <u>สิ่งที่ได้เรียนรู้</u> ครูควรจัดให้มีการอภิปรายและสาธิตวิธีการทำกิจกรรมทำให้นักเรียนสร้างแบบจำลองและเข้าใจกระบวนการแปลรหัสได้มากขึ้น
4. การสร้างความหมายจากการอภิปรายแสดงความคิดเห็นในกลุ่มใหญ่	<u>ปัญหา/อุปสรรค</u> การอภิปรายผลของกิจกรรมไม่ครอบคลุมทุกกลุ่มทำให้บางกลุ่มยังมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนในบางประเด็น <u>แนวทางแก้ไข</u> ครูควรสำรวจผลการทำกิจกรรมของทุกกลุ่มก่อนการอภิปรายและเลือกกลุ่มที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนออกมานำเสนอและอภิปรายผลร่วมกัน <u>สิ่งที่ได้เรียนรู้</u> ครูควรสำรวจผลการทำกิจกรรมของนักเรียนแต่ละกลุ่มก่อนการอภิปรายและเมื่อถึงเวลาอภิปรายให้สุ่มเลือกกลุ่มที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนและมีแนวคิดถูกต้องออกมานำเสนอและอภิปรายร่วมกัน โดยครูควรเน้นย้ำประเด็นที่นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเพื่อช่วยนักเรียนให้สามารถสร้างแนวคิดวิทยาศาสตร์ได้

ตารางที่ 4.8 (ต่อ)

กรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย	ปัญหา/อุปสรรค แนวทางแก้ไข และสิ่งที่ได้เรียนรู้
5. การใช้เทคนิคอุปมาอุปไมย	<u>ปัญหา/อุปสรรค</u> เนื่องจากกรดอะมิโนมี 20 ชนิด จึงเตรียมปฏิกิริยากรดอะมิโนชนิดละ 1 ปฏิกิริยา ทำให้เมื่อมีการแปรรหัสจึงได้กรดอะมิโนซ้ำกัน จึงมีปฏิกิริยากรดอะมิโนไม่เพียงพอ <u>แนวทางแก้ไข</u> ควรให้นักเรียนเขียนปฏิกิริยากรดอะมิโนเอง เพราะมีกรดอะมิโนหลายชนิด และในแต่ละกลุ่มใช้จำนวนกรดอะมิโนแต่ละชนิดไม่เท่ากัน <u>สิ่งที่ได้เรียนรู้</u> ปฏิกิริยาที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ควรให้นักเรียนเขียนเอง
<u>ขั้นสรุป</u> นักเรียนบันทึกสรุปผลลงในช่องสิ่งที่ฉันเรียนรู้แล้ว และอภิปรายความหมายของโคดอน และขั้นตอนการถอดรหัส	
1. การนำเอาความรู้เดิมของผู้เรียนในเรื่องที่สอนมาใช้เป็นแนวทางในการสร้างองค์ความรู้ใหม่	<u>ปัญหา/อุปสรรค</u> - <u>แนวทางแก้ไข</u> - <u>สิ่งที่ได้เรียนรู้</u> -
2. การให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรม กับครู หรือการมีปฏิสัมพันธ์กันเองระหว่างผู้เรียนเพื่อแสวงหาองค์ความรู้ใหม่	<u>ปัญหา/อุปสรรค</u> - <u>แนวทางแก้ไข</u> - <u>สิ่งที่ได้เรียนรู้</u> -
3. การที่ผู้สอนมีบทบาทเป็นผู้เสนอแนะและผู้จัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง	<u>ปัญหา/อุปสรรค</u> - <u>แนวทางแก้ไข</u> - <u>สิ่งที่ได้เรียนรู้</u> -

ตารางที่ 4.8 (ต่อ)

กรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย	ปัญหา/อุปสรรค แนวทางแก้ไข และสิ่งที่ได้เรียนรู้
4. การสร้างความหมายจากการอภิปรายแสดงความคิดเห็นเห็นกลุ่มใหญ่	<u>ปัญหา/อุปสรรค</u> แนวคิดมีคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์และเป็นกระบวนการทำให้มีรายละเอียดมากในการอภิปราย จึงใช้เวลานาน <u>แนวทางแก้ไข</u> ควรเลือกเฉพาะประเด็นหลักในการอภิปราย หรือเพิ่มเทคนิคอื่นเพื่อช่วยในการสรุปทเรียน เช่น การทำแบบฝึกหัดเพิ่มเติม <u>สิ่งที่ได้เรียนรู้</u> การใช้คำถามในการอภิปรายสรุปยังไม่สามารถทำได้ครอบคลุมแนวคิดที่ต้องการ ควรใช้วิธีการอื่นเพิ่มเติมเพื่อช่วยในการสรุป เช่น การทำแบบฝึกหัด
5. การใช้เทคนิคอุปมาอุปไมย	<u>ปัญหา/อุปสรรค</u> - <u>แนวทางแก้ไข</u> - <u>สิ่งที่ได้เรียนรู้</u> -

หลังจากผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้อัตโนมัติตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดของทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมยที่ได้ออกแบบไว้ จากนั้นผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลแบบอุปนัย (inductive analysis) ที่ได้จากบันทึกหลังสอน วิธีทัศน์การสอน และอนุทินของนักเรียน ใน แต่ละแผน ครบทั้ง 7 แผน วิเคราะห์ข้อมูลแบบในแต่ละแสดงไว้ดังตารางที่ 4.2-4.8 และจากผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีวิเคราะห์แบบอุปนัยในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยนำผลดังกล่าวมาวิเคราะห์ร่วมกัน เพื่อหาข้อสรุปของแนวทางในการจัดการเรียนรู้อัตโนมัติตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย ซึ่งผู้วิจัยจะได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบบอุปนัยตามกรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้อัตโนมัติตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ดังนี้

1. กรอบแนวคิดที่ 1 การนำเอาความรู้เดิมของผู้เรียนในเรื่องที่สอนมาใช้เป็นแนวทางในการสร้างองค์ความรู้ใหม่

1.1 แนวทางที่ 1 ในขั้นนำ ครูควร ใช้คำถามที่ครอบคลุมความรู้เดิม และความรู้พื้นฐานที่จำเป็นในการสร้างองค์ความรู้ใหม่

ในขั้นนำ ครูควร ใช้คำถามให้ครอบคลุมแนวคิดที่ต้องการ สอนรวมทั้งแนวคิดที่เป็นพื้นฐานที่จำเป็นในการเรียนแนวคิดใหม่ โดยคำถามที่ใช้ต้องมีความชัดเจนและเข้าใจง่าย เพราะหากครูใช้คำถามไม่ครอบคลุมแนวคิดเดิมและแนวคิดพื้นฐานที่จำเป็น ใช้คำถามไม่ชัดเจน หรือเข้าใจยากจะทำให้ให้นักเรียนไม่สามารถตอบคำถามได้ และส่งผลให้ครูไม่ได้ข้อมูลเกี่ยวกับความรู้เดิมและความรู้พื้นฐานที่จำเป็นของนักเรียนอย่างเพียงพอ และสุดท้ายจะส่งผลต่อการสร้างความรู้ใหม่ของนักเรียน ตัวอย่างเช่น ข้อมูลที่ได้จากบันทึกหลังสอน แผนที่ 1 เรื่องความสัมพันธ์ระหว่างยีนและโครโมโซม ที่ผู้วิจัยสำรวจความรู้เดิมของนักเรียนโดยให้นักเรียนบอกความหมายของยีน โครโมโซม และความสัมพันธ์ของยีนและโครโมโซม พบว่านักเรียนส่วนใหญ่บอกความสัมพันธ์ได้ แต่ในขั้นสอนต้องใช้ความรู้พื้นฐานเรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสด้วย ซึ่งในขั้นนำไม่มีคำถามเกี่ยวข้องกับการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส เนื่องจากผู้วิจัยเข้าใจว่านักเรียนน่าจะมีความรู้อยู่แล้ว จึงไม่ได้ทบทวนแนวคิดเรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ซึ่งเป็นความรู้พื้นฐานที่จำเป็นต้องใช้ในกิจกรรมขั้นสอน นักเรียนจึงทำกิจกรรมในขั้นสอนได้ช้า ดังที่ผู้วิจัยได้เขียนบันทึกหลังสอนไว้ว่า “มีคำถามเรื่องไมโอซิส น้อยเกินไป ควรทบทวนความรู้ของนักเรียนเรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสก่อน” (บันทึกหลังสอนแผนที่ 1 วันที่ 8 พ.ย. 54) และข้อมูลที่ได้จากบันทึกหลังสอนแผนที่ 6 เรื่อง การถอดรหัส ที่ผู้วิจัยใช้คำถามกระตุ้นความสนใจนักเรียนเกี่ยวกับลักษณะของส่วนต่างๆ ภายในร่างกายของมนุษย์แตกต่างกันหรือไม่ และแสดงภาพเซลล์เม็ดเลือดแดง และกรดอะมิโนของฮีโมโกลบินของเซลล์เม็ดเลือดแดงของคนปกติ กับคนที่ เป็นโรคซิกเคิลเซลล์ และใช้คำถาม “ดีเอ็นเอในนิวเคลียสสามารถควบคุมลักษณะของ

เซลล์เม็ดเลือดแดงได้อย่างไร” และพบว่านักเรียนบางคนไม่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของ ดีเอ็นเอ กรดอะมิโน และลักษณะของเม็ดเลือดแดงได้ ดังนั้น ในชั้นนำจึง ควรมีคำถามที่สำรวจ ความเข้าใจของ นักเรียน เกี่ยวกับ ความสัมพันธ์นี้ ดังที่ผู้วิจัยได้เขียนบันทึกหลังสอนไว้ว่า “คำถามที่ใช้ต้องมีการเพิ่มเติมหรือปรับปรุง เพราะนักเรียนไม่ค่อยเข้าใจ และไม่สามารถบอก ความสัมพันธ์ของดีเอ็นเอที่เป็นตัวกำหนดชนิดของกรดอะมิโนในฮีโมโกลบินได้” (บันทึกหลัง สอนแผนที่ 6 วันที่ 25 พ.ย. 54)

จากข้อค้นพบดังกล่าว ผู้วิจัยใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ใน แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ส่วนประกอบและการจัดเรียงตัวของโครโมโซม โดยให้นักเรียน สังเกตภาพการแบ่งเซลล์ระยะอินเทอร์เฟสและระยะเมทาเฟสเปรียบเทียบกัน โดยใช้คำถาม เพิ่มเติมจากกิจกรรม คือ “ลักษณะของโครโมโซมที่เห็นไม่ชัดเจน ในระยะอินเทอร์เฟส กลายเป็นโครโมโซมที่เรียงตัวกันเห็นได้ชัดเจนในระยะเมทาเฟส ได้อย่างไร” และพบว่า นักเรียนสามารถตอบคำถามเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของโครโมโซมได้ชัดเจนยิ่งขึ้น สอดคล้อง กับบันทึกหลังสอนแผนที่ 3 ที่ผู้วิจัยเขียนว่า “นักเรียนสามารถตอบคำถามเกี่ยวกับกระบวนการ เปลี่ยนแปลงของโครโมโซมในระยะอินเทอร์เฟสไปเป็นโครโมโซมในระยะเมทาเฟสได้” (บันทึก หลังสอนแผนที่ 3 วันที่ 15 พ.ย. 54) ดังแสดงข้อมูลบทสนทนาจากวีดิทัศน์การสอนในแผนที่ 3 ที่ผู้วิจัยสนทนากับนักเรียนด้านล่าง

ครู จากภาพ A และภาพ B นักเรียนคิดว่าเป็นภาพอะไร

นักเรียน ภาพ A คือ การแบ่งเซลล์ระยะอินเทอร์เฟส

ภาพ B คือ การแบ่งเซลล์ระยะเมทาเฟส

ครู โครโมโซมในภาพมีลักษณะเหมือน หรือแตกต่างกันอย่างไร

นักเรียน ระยะอินเทอร์เฟสยังเห็นโครโมโซมไม่ชัดเจน

ระยะเมทาเฟสเห็นโครโมโซมชัดเจนเรียงอยู่ตรงกลาง

ครู แล้วนักเรียนคิดว่า ลักษณะของโครโมโซมในระยะอินเทอร์เฟสที่เห็น

ไม่ชัดเจน กลายเป็นโครโมโซมที่เรียงตัวกันเห็นได้ชัดเจนในระยะ เมทาเฟส ได้อย่างไร

นักเรียน โครโมโซมในระยะอินเทอร์เฟสเกิดการหดตัวแน่นขึ้นจนกลายเป็น

โครโมโซมที่มองเห็นได้ชัดเจนในระยะเมทาเฟส

(วีดิทัศน์การสอนแผนที่ 3 วันที่ 15 พ.ย. 54)

1.2 แนวทางที่ 2 ในชั้นนำ ครูควรมีสื่อประกอบการใช้คำถามเพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียน

ในชั้นนำ ครูควรมีสื่อประกอบการใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจในแนวคิดที่จะเรียน ตัวอย่างเช่น ข้อมูลที่ได้จากอนุทินของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง โครงสร้างและองค์ประกอบของดีเอ็นเอ โดยผู้วิจัยแสดงวีดิทัศน์การสกัดดีเอ็นเอจากสโตรเบอร์รี่ และใช้คำถามเพื่อนำเข้าสู่กิจกรรมและสำรวจความรู้เดิมของนักเรียน และพบว่านักเรียนมีความกระตือรือร้นในการตอบคำถามและมีความต้องการที่จะเรียนรู้เกี่ยวกับดีเอ็นเอ ดังที่นักเรียนได้เขียนอนุทินไว้ว่า “ครูมีการเปิดคลิปวิดีโอ เรื่องการสกัด DNA จากสโตรเบอร์รี่เพื่อให้นักเรียนเกิดความอยากรู้และอยากลองทำ มีการตอบคำถามจากคลิปวิดีโอและจากความรู้ครั้งก่อนๆ ทำให้รู้สึกสนใจและอยากเรียนเรื่องดีเอ็นเอ ” (อนุทินของนักเรียนหมายเลข 20 จากแผนที่ 4 วันที่ 18 พ.ย. 54) สอดคล้องกับข้อมูลที่ผู้วิจัยเขียนบันทึกหลังสอน แผนที่ 4 ว่า “นักเรียนส่วนใหญ่มีความสนใจลักษณะของดีเอ็นเอที่เกิดขึ้นจากการสกัดดีเอ็นเอคลิปวิดีโอที่ผู้สอนนำมาใช้” (บันทึกหลังแผนที่ 4 วันที่ 18 พ.ย. 54)

1.3 แนวทางที่ 3 การที่ครูให้นักเรียนวาดภาพประกอบการอธิบายความรู้เดิมของนักเรียนในแนวคิดที่เป็นนามธรรมอาจช่วยให้ครูทราบความรู้เดิมของนักเรียนมากขึ้น

ในชั้นนำของการสอนแนวคิดที่มีลักษณะเป็นนามธรรม ที่ครูต้องการสำรวจความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับแนวคิดที่ต้องการสอน การที่ครูใช้การอภิปรายเพื่อสำรวจความรู้เดิมของนักเรียน อาจทำให้ครูได้ข้อมูลความรู้เดิมของนักเรียนไม่ครบถ้วน เนื่องจากนักเรียนอาจอธิบายได้ไม่ชัดเจน ทำให้ครูและนักเรียนเข้าใจไม่ตรงกัน ดังนั้น การให้นักเรียนวาดภาพประกอบการอธิบายแนวคิดที่เป็นนามธรรม จะช่วยให้ครูทราบความรู้เดิมของนักเรียนในแนวคิดที่ต้องการสอนได้ดียิ่งขึ้น ยกตัวอย่างเช่น ในการสอนแผนที่ 2 เรื่อง โครโมโซม ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจความรู้เดิมของนักเรียนในเรื่องรูปร่างและลักษณะของโครโมโซม โดยให้นักเรียนสังเกตภาพของสิ่งต่างๆ ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับโครโมโซม เช่น ตะเกียบ ไมโทคอนเดรีย เซนทริโอ และ ปาทองโก เป็นต้น และให้นักเรียนตอบว่าภาพใดบ้างที่นักเรียนคิดว่ามีลักษณะใกล้เคียงกับโครโมโซมตามเข้าใจของนักเรียน พร้อมทั้งบอกเหตุผล จากการสอนพบว่านักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจว่าโครโมโซมมีลักษณะเป็นแท่งตรง แต่นักเรียนไม่ได้บอกเกี่ยวกับลักษณะอื่นๆ ของโครโมโซม เช่น มีลักษณะเป็นแท่งคู่ที่ติดกัน และตัวผู้วิจัยก็ไม่สามารถถามในรายละเอียด เพราะจะเป็นการแนะนำคำตอบให้นักเรียน ทำให้ผู้วิจัยไม่แน่ใจว่านักเรียนมีความรู้เดิมมากน้อยเพียงใดในเรื่องดังกล่าว ดังแสดงข้อมูลบทสนทนาจากวีดิทัศน์การสอน ในแผนที่ 2 ที่ผู้วิจัยสนทนากับนักเรียนด้านล่าง

ครู นักเรียนคิดว่าภาพใดบ้างที่มีลักษณะคล้ายกับโครโมโซม

นักเรียน ภาพ B (ตะเกียบ) C (เซนทริโอ) และG (ปาท้องโก)

ครู ทำไมจึงคิดว่าภาพเหล่านี้คล้าย กับโครโมโซม

นักเรียน เพราะมันเป็นแท่ง

ครู แล้วภาพ E (เซลล์ประสาท) และภาพ E ก็เป็นแท่ง แต่ทำไมนักเรียน
จึงไม่เลือกภาพนี้

นักเรียน เพราะมันเป็นขดๆ ไม่ได้เป็นแท่งตรงๆ

(วีดิทัศน์การสอน แผนที่ 2 วันที่ 10 พ.ย. 54)

สอดคล้องกับข้อมูลที่ได้จากบันทึกหลังสอน แผนที่ 2 ที่ผู้วิจัยบันทึกไว้ว่า “นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจว่า โครโมโซมมีลักษณะเป็นแท่งตรง แต่ไม่แน่ใจว่านักเรียน เข้าใจหรือทราบหรือไม่ว่าโครโมโซมจะมีลักษณะเป็นแท่งคู่ติดกัน” (บันทึกหลังสอน แผนที่ 2 วันที่ 10 พ.ย. 54) ซึ่งจากการวิเคราะห์แนวทางในการแก้ไขปรับปรุงการสอนในครั้งนี้ ผู้วิจัย คิดว่า หากผู้วิจัยให้นักเรียนวาดภาพโครโมโซมตามความเข้าใจน่าจะได้ข้อมูลเกี่ยวกับความรู้ เดิมของนักเรียนในเรื่องรูปร่างและลักษณะของโครโมโซมมากยิ่งขึ้น

1.4 แนวทางที่ 4 ในชั้นสอน ครูควรจัดกิจกรรมที่ช่วยให้นักเรียนเห็นหลักฐาน ของแนวคิดที่ถูกต้องทางวิทยาศาสตร์เพื่อช่วยนักเรียนในการสร้างความรู้ใหม่

ในชั้นสอน ครูควรจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมการค้นหาลักษณะเพื่อนำไปสู่การสร้าง ความรู้ใหม่ที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ เพราะหากกิจกรรมในชั้นสอนไม่สามารถทำให้นักเรียนเห็นหลักฐานที่นำไปสู่การสร้างแนวคิดวิทยาศาสตร์ได้แล้ว ก็เป็นเรื่องยากที่ครูจะช่วย ให้นักเรียนปรับเปลี่ยนแนวคิดคลาดเคลื่อน หรือแนวคิดที่ไม่สมบูรณ์ให้เป็นแนวคิด วิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ ยกตัวอย่างเช่น แผนที่ 1 เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างยีนและโครโมโซม ในชั้นสอนผู้วิจัยจัดกิจกรรมให้นักเรียนคำนวณจีโนไทป์ของลูกตามกฎของเมนเดล และสร้าง แบบจำลองการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส จากนั้นสังเกตจีโนไทป์ของลูกที่ได้หลังจากแบ่งเซลล์ แล้ว จึงให้นักเรียนทำการเปรียบเทียบสัดส่วนจีโนไทป์ของลูกที่ได้หลังจากแบ่งเซลล์กับการคำนวณ ตามกฎของเมนเดล เพื่ออธิบายแนวคิดที่ว่ายีนมีตำแหน่งอยู่บนโครโมโซม จากการสอนพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถนำผลของการเปรียบเทียบไปเป็นหลักฐานยืนยันคำอธิบายที่ว่ายีนมี ตำแหน่งอยู่บนโครโมโซมได้ ดังบทสนทนาระหว่างผู้วิจัยและนักเรียนด้านล่าง

ครู จากการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส เราได้เซลล์สืบพันธุ์ที่มีจีโนไทป์

เหมือนกับการคำนวณจีโนไทป์ตามกฎของเมนเดล เราจะสรุปได้
อย่างไร

นักเรียน (นั่งเงียบ)

ครู ในตอนแรก เรามีคำถามว่า “ยีนอยู่บนโครโมโซมจริงหรือไม่” เราจึง
ทำกิจกรรมเพื่อตรวจสอบ จากกิจกรรมเราได้ข้อสรุปว่าอย่างไร
นักเรียน เซลล์สืบพันธุ์จากการแบ่ง(เซลล์แบบ)ไมโอซิสมีจีโนไทป์ เหมือนกับ
การคำนวณจีโนไทป์(ตามกฎเมนเดล)

ครู แล้วเราจะบอกได้อย่างไรว่า ยีนอยู่บนโครโมโซม

นักเรียน (นั่งเงียบ)

ครู คือ ตอนแรกเราไม่รู้ใช้ไหมคะว่ายีนอยู่ที่ไหน ไม่เคยมีใครเห็น
เมนเดลตอนสร้างกฎเมนเดลก็ยังไม่เคยเห็นยีน ต่อมาจึงมีการพบการ
แบ่งเซลล์ไมโอซิส ทำให้เราเห็นอะไรในการแบ่งเซลล์

นักเรียน เห็นโครโมโซม

ครู นักวิทยาศาสตร์จึงคิดว่ายีนและโครโมโซมน่าจะมีความเกี่ยวข้องกัน ก็
คิดแบบที่เราทำการตรวจสอบนั่นแหละ แล้วคิดว่าไง

นักเรียน คิดว่ายีนน่าจะอยู่บนโครโมโซม

ครู ใช่ค่ะ เลยทำการตรวจสอบแบบที่เราทำ แล้วอะไรเป็นหลักฐานยืนยัน
ได้ล่ะว่า ยีนอยู่บนโครโมโซมจริง

นักเรียน ถ้ายีนอยู่บนโครโมโซมจริง จีโนไทป์(ของเซลล์สืบพันธุ์)ที่ได้จากการ
แบ่ง(เซลล์)แบบไมโอซิส ต้องเหมือนกับจีโนไทป์ที่ได้จากการคำนวณ
(ตามกฎของเมนเดล)

(วิธีทัศน์หลังสอน แผนที่ 1 วันที่ 8 พ.ย.54)

2. กรอบแนวคิดที่ 2 การให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรม กับครู หรือการมี ปฏิสัมพันธ์กันเองระหว่างผู้เรียนเพื่อแสวงหาองค์ความรู้ใหม่

2.1 แนวทางที่ 1 การส่งเสริมการอภิปรายของนักเรียนในกลุ่ม ครูควรจัดสื่อหรือ อุปกรณ์กลางของกลุ่ม และควรมีเทคนิคที่กระตุ้นการอภิปรายของนักเรียนในกลุ่ม

ในการส่งเสริมให้เกิดการอภิปรายของนักเรียนในกลุ่ม ครูควรจัด สื่อหรืออุปกรณ์
กลางที่ใช้ในกิจกรรม เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีการอภิปรายขณะทำกิจกรรมภายในกลุ่ม
เดียวกัน เพราะหากนักเรียนมีสื่อหรืออุปกรณ์เป็นของตนเอง โดยไม่มีของส่วนกลาง จะทำให้
การอภิปรายและแสดงความคิดเห็นภายในกลุ่มลดลง เนื่องจากนักเรียนจะสนใจแต่สื่อที่ตนเอง
มีและจะทำงานเฉพาะในส่วนของตนเองโดยไม่สนใจสมาชิกในกลุ่ม นอกจากนี้ครูควรมีเทคนิค
กระตุ้นการอภิปรายของนักเรียนในกลุ่มเพิ่มเติม เช่น ครูควรสุ่มถามนักเรียนหลายๆ คนใน

กลุ่มและให้ความสำคัญกับคำตอบของนักเรียน หรือให้นักเรียนทำงานซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของงานกลุ่ม เป็นต้น ตัวอย่างเช่น แผนที่ 2 เรื่อง รูปร่างและลักษณะของโครโมโซม ที่ผู้วิจัยสำรวจความรู้เดิมของนักเรียน โดยให้นักเรียนสังเกตภาพต่างๆ เช่น ไมโทคอนเดรีย ตะเกียบ เซนทริโอ ฯลฯ และให้นักเรียนบอกว่าภาพใดมีลักษณะคล้ายกับโครโมโซม พร้อมบอกเหตุผล พบว่านักเรียนมีการอภิปรายปรึกษากันภายในกลุ่มน้อย จึงทำให้การมีปฏิสัมพันธ์กันภายในกลุ่มน้อย ดังที่ผู้วิจัยได้บันทึกไว้ว่า “นักเรียนทุกคนมีภาพที่ใช้ในการอภิปราย แต่ไม่มีภาพส่วนกลางของกลุ่ม นักเรียนภายในกลุ่มเดียวกันจึงมีการแสดงความคิดเห็นด้วยกันน้อย” (บันทึกหลังแผนที่ 2 วันที่ 10 พ.ย. 54)

จากข้อค้นพบดังกล่าว ผู้วิจัยใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ในแผนที่ 5 เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ ที่ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสร้างแบบจำลองของการจำลองดีเอ็นเอ โดยใช้ตัวต่อกระดาษและแบ่งหน้าที่ในการทำงานของสมาชิกในกลุ่ม พบว่านักเรียนทุกคนในกลุ่มให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรม ดังที่บันทึกไว้ว่า “นักเรียนทุกคนในกลุ่มแบ่งหน้าที่กัน และช่วยกันสร้างแบบจำลองของการจำลองดีเอ็นเอ” (บันทึกหลังแผนที่ 5 วันที่ 22 พ.ย. 54)

2.2 แนวทางที่ 2 ในกิจกรรมชั้นสอนที่ครูใช้เทคนิคอุปมาอุปไมย มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ครูจะต้องอภิปรายกับนักเรียนจนเกิดความเข้าใจว่าอุปกรณ์ (อนาล็อก) แต่ละอย่างนั้นแทนอะไรในแนวคิดหลัก (เป้าหมาย) รวมทั้งความเหมือนและความต่างระหว่างตัวอนาล็อกกับเป้าหมาย

ในกิจกรรมชั้นสอนที่ครูใช้เทคนิคอุปมาอุปไมย ครูจะต้องให้ความสำคัญกับการอภิปราย กับนักเรียนจนเกิดความเข้าใจว่าอุปกรณ์แต่ละอย่างนั้นแทนอะไรในแนวคิดหลัก รวมทั้งความเหมือนและความต่างของตัว อุปกรณ์ (อนาล็อก) กับแนวคิดหลัก (เป้าหมาย) รวมทั้งการอภิปรายขั้นตอนการทำกิจกรรม เพราะหากครูไม่ให้ความสำคัญในการอภิปราย แสดงการเปรียบเทียบดังกล่าว เทคนิคอุปมาอุปไมยที่ใช้อาจทำให้นักเรียนเกิดแนวคิดคลาดเคลื่อนหรือไม่สามารถสร้างแนวคิดหลักจากการทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ ยกตัวอย่างเช่น แผนที่ 3 เรื่อง ส่วนประกอบและการจัดเรียงตัวของโครโมโซม ที่ผู้วิจัยให้นักเรียนสร้างแบบจำลองส่วนประกอบของโครโมโซม และการจัดเรียงตัวของโครโมโซม โดยใช้เชือกและแกนสายรัดพลาสติก จากนั้นอภิปรายเปรียบเทียบอุปกรณ์กับส่วนประกอบของโครโมโซม และการจัดเรียงตัวของโครโมโซม พบว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถเชื่อมโยงอุปกรณ์กับส่วนประกอบของโครโมโซมได้ แต่นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงการม้วนเชือกในกิจกรรมเข้ากับการจัดเรียงตัวของโครโมโซมได้อย่างชัดเจน นักเรียนเกิดความสับสนว่าการม้วนเชือกให้ได้เล็กที่สุดเกี่ยวข้องกับ การจัดเรียงตัวของโครโมโซม ดังที่ผู้วิจัยบันทึกไว้ว่า “นักเรียน

หลายกลุ่มยังสับสนเกี่ยวกับการจัดเรียงตัวของโครโมโซมว่าเกี่ยวข้องอย่างไรกับกิจกรรมที่ทำ” (บันทึกหลังแผนที่ 3 วันที่ 15 พ.ย. 54)

จากข้อมูลดังกล่าว ผู้วิจัยใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง การถอดรหัส ที่ผู้วิจัยให้นักเรียนสร้างแบบจำลองการถอดรหัสโดยใช้ตัวต่อกระดาษ โดยก่อนทำกิจกรรมได้มีการอภิปรายว่าตัวต่อกระดาษแทนอะไรบ้าง (เช่น  แทนเอนไซม์ RNA Polymerase) และได้มีการแสดงภาพตัวต่อกระดาษให้นักเรียนเห็นอย่างชัดเจน และมีการทบทวนชื่อ และบทบาทของตัวต่อกระดาษแต่ละตัวด้วยการสอนพบว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถสร้างแบบจำลองการถอดรหัสจากตัวต่อกระดาษได้ถูกต้องตามหน้าที่ และเชื่อมโยงกระบวนการต่อตัวต่อกระดาษกับการถอดรหัสได้ สอดคล้องกับบันทึกหลังสอน แผนที่ 6 ที่ผู้วิจัยบันทึกว่า “นักเรียนใช้ตัวต่อกระดาษได้ถูกต้องตามหน้าที่” (บันทึกหลังสอน แผนที่ 6 วันที่ 25 พ.ย. 54)

2.3 แนวทางที่ 3 ในชั้นสอน ครูควรอภิปรายวิธีทำกิจกรรมร่วมกับนักเรียนก่อนทำกิจกรรม

ก่อนทำกิจกรรม ครูควรให้ความสำคัญในการอภิปรายวิธีการทำกิจกรรมจนมั่นใจว่านักเรียนเข้าใจแล้ว และให้นักเรียนสะท้อนความเข้าใจโดยการสาธิตวิธีทำกิจกรรม บอกวิธีทำกิจกรรม หรือวาดภาพขั้นตอนการทำกิจกรรม เพราะหากครูไม่ให้ความสำคัญกับการอภิปรายวิธีทำกิจกรรม นักเรียนอาจไม่สามารถทำกิจกรรมได้ และไม่สามารถเชื่อมโยงกิจกรรมไปยังแนวคิดหลักได้ ตัวอย่างเช่น แผนที่ 3 เรื่อง ส่วนประกอบและการจัดเรียงตัวของโครโมโซม ที่ครูให้นักเรียนสร้างแบบจำลองส่วนประกอบของโครโมโซม และการจัดเรียงตัวของโครโมโซมโดยใช้เชือกและแกนพลาสติกแทนส่วนประกอบของโครโมโซม และทำการจำลองการจัดเรียงตัวของโครโมโซมโดยใช้เชือกและแกนพลาสติก จากการสอนพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถสร้างแบบจำลองส่วนประกอบของโครโมโซมได้ แต่นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำกิจกรรมไปสู่แนวคิดหลักได้ เนื่องจากในชั้นอภิปรายวิธีทำกิจกรรม และอุปกรณ์แสดงการเปรียบเทียบไม่ชัดเจน ดังที่ผู้วิจัยบันทึกไว้ว่า “นักเรียนไม่เข้าใจว่าการขดเชือก เกี่ยวข้องอย่างไรกับการจัดเรียงตัวของโครโมโซม อาจเพราะในชั้นอภิปรายวิธีทำกิจกรรม และเปรียบเทียบอุปกรณ์ ครูไม่ได้แสดงภาพการเปรียบเทียบที่ชัดเจนนัก” (บันทึกหลังสอน แผนที่ 3 วันที่ 15 พ.ย. 54) และสอดคล้องกับบันทึกหลังสอน แผนที่ 4 เรื่อง โครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ ที่ครูให้นักเรียนสังเกตแบบจำลองดีเอ็นเอ แล้วบอกโครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ พบว่าการอภิปรายวิธีทำกิจกรรมนักเรียนบางกลุ่มยังไม่เข้าใจ วิธีการสังเกต ทำให้นักเรียนไม่สามารถนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกตไปสรุปจนเป็นแนวคิดเรื่อง โครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ ดังที่บันทึกไว้ว่า “นักเรียนหลาย

คนหาจุดที่ใช้ในการสังเกตแบบจำลองดีเอ็นเอไม่ได้ ทำให้วาดภาพการเชื่อมต่อกันระหว่างนิวคลีโอไทด์ไม่ถูกต้อง” (บันทึกหลังสอน แผนที่ 4 วันที่ 18 พ.ย.54)

2.4 แนวทางที่ 4 ในการส่งเสริมการมีปฏิสัมพันธ์ กับกิจกรรม กับครู หรือการมีปฏิสัมพันธ์กันเองระหว่างผู้เรียน ครูควรให้แรงเสริมทางบวก เพื่อให้นักเรียนเกิดความมั่นใจในการแสดงความคิดเห็น การทำกิจกรรม และการอภิปรายผล

การทำกิจกรรมในชั้นสอน เพื่อให้นักเรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรม กับครู หรือมีปฏิสัมพันธ์กันเองระหว่างผู้เรียน เพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ ครูควรใช้เทคนิคการเสริมแรงทางบวกเพื่อสร้างความมั่นใจให้แก่ผู้เรียนในการ แสดงความคิดเห็น การทำกิจกรรม และการอภิปรายผล เช่น การให้ความสำคัญกับคำตอบของนักเรียนไม่ว่าตอบผิดหรือถูก การกล่าวชมเชยเมื่อนักเรียนแสดงความคิดเห็น และไม่ตำหนิเมื่อนักเรียนตอบผิด ยกตัวอย่างเช่น แผนที่ 1 เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างยีนและโครโมโซม ที่ผู้วิจัยให้นักเรียนสังเกตภาพต่างๆ เช่น ไมโทคอนเดรีย เซนทริโอ ปาทอโกโก ฯลฯ และบอกว่าภาพใดคล้ายกับโครโมโซมพร้อมบอกเหตุผล พบว่านักเรียนมีการอภิปรายกันในกลุ่มน้อย ดังที่ผู้วิจัยบันทึกว่า “นักเรียนในกลุ่มแสดงความคิดเห็นกันน้อย” (บันทึกหลังสอน แผนที่ 2 วันที่ 10 พ.ย. 54)

จากข้อมูลดังกล่าว ผู้วิจัยใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ ที่ผู้วิจัยให้นักเรียนสร้างแบบจำลองของการจำลองดีเอ็นเอจากตัวต่อกระดาษ โดยก่อนทำกิจกรรม ผู้วิจัยมีการอภิปรายหน้าที่ของตัวต่อกระดาษและส้อมเรียงนักเรียนหลายคนให้ตอบคำถาม ขณะที่นักเรียนตอบคำถาม ผู้วิจัยก็ให้ความสำคัญกับคำตอบของนักเรียนไม่ว่าถูกหรือผิด และกล่าวชมเชยนักเรียนที่ร่วมแสดงความคิดเห็น จากการสอนพบว่าขณะทำกิจกรรมนักเรียนมีการแสดงความคิดเห็นภายในกลุ่มมากขึ้น สอดคล้องกับบันทึกหลังสอน แผนที่ 5 ที่บันทึกไว้ว่า “นักเรียนในกลุ่มเดียวกันมีการอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับลำดับการทำงานของตัวต่อกระดาษมากขึ้น” (บันทึกหลัง แผนที่ 5 วันที่ 22 พ.ย. 54) และสอดคล้องกับบทสนทนาระหว่างผู้วิจัยและนักเรียนด้านล่าง

นักเรียน 1 ต่อดีเอ็นเอเสร็จแล้ว อาจารย์ ทำไงต่อ
ครู เธอก็ดูว่า ตัวต่อกระดาษที่แทนเอนไซม์ทั้งหมดนี้ ตัวใดควรต่อ
เข้าทำกับดีเอ็นเอก่อน จำหน้าที่ (ตัวต่อกระดาษ) ได้ไหม
นักเรียน 1 ตัวนี้ ( เอนไซม์ Helicase) ใช้คลายเกลียว
ครู ดีมาก แล้วตัวไหนต่อ (นักเรียนช่วยกันพิจารณา)
นักเรียน 1 ตัวสีเขียวนี้ ( เอนไซม์ Primase)
ครู โอเค มีเพื่อนคนไหนคิดเป็นอย่างอื่นไหม

นักเรียน 2 หนูว่า เป็นเม็ดๆ สีแดง ( โปรตีน Single stand) มายืดดีเอ็นเอไม่ให้กลับไปจับเป็นเกลียวอีก

ครู เพื่อนๆ คนอื่นเห็นอย่างไร

นักเรียน 3 หนู คิดว่าน่าจะเป็น Single stand มากกว่า

นักเรียน 4 อืม ใช่ๆ

ครู ดีมากค่ะ อย่าลืมบันทึกด้วยนะคะ

(วีดิทัศน์การสอน แผนที่ 5 วันที่ 22 พ.ย.54)

2.5 แนวทางที่ 5 ในชั้นสอน ครูควรใช้กิจกรรมที่เน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติอย่างหลากหลาย

ในชั้นสอน ครูควรจัดกิจกรรมให้มีความหลากหลาย และกิจกรรมควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ ได้มีปฏิสัมพันธ์กับตัวกิจกรรมด้วย มิใช่เป็นแค่การสังเกตและตอบคำถามเพียงอย่างเดียว เพราะหากครูใช้กิจกรรมรูปแบบเดิมตลอด นักเรียนจะเกิดความเบื่อหน่าย และไม่สนใจทำกิจกรรม นอกจากนี้การที่กิจกรรมมีเพียงการสังเกตโดยไม่ได้ลงมือปฏิบัติ นักเรียนไม่ได้มีปฏิสัมพันธ์กับตัวกิจกรรมอาจส่งผลให้นักเรียนมองไม่เห็นหลักฐานเพียงพอที่จะสร้างแนวคิดวิทยาศาสตร์ได้ เช่น ในแผนที่ 4 ที่ครูให้นักเรียนสังเกตแบบจำลองดีเอ็นเอ และตอบคำถาม จากการสอนพบว่านักเรียนส่วนใหญ่หนึ่งคู่กันมากกว่าจะสังเกตแบบจำลองดีเอ็นเอดังที่ผู้วิจัยบันทึกหลังสอนใน แผนที่ 4 ไว้ว่า “นักเรียนจำนวนมากหนึ่งคู่กัน โดยไม่สนใจแบบจำลอง หนึ่งคู่กันและลอกไปบันทึกกิจกรรมของเพื่อนที่ทำกิจกรรมอยู่” (บันทึกหลังสอน แผนที่ 4 วันที่ 18 พ.ย. 54) เมื่อนักเรียนไม่มีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรมย่อมส่งผลต่อแนวคิดของนักเรียน สอดคล้องกับข้อมูลที่ได้จากแบบวัดแนวคิดที่พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ในเรื่อง โครงสร้างของดีเอ็นเอ

3. กรอบแนวคิดที่ 3 การที่ผู้สอนมีบทบาทเป็นผู้เสนอแนะและผู้จัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง

3.1 แนวทางที่ 1 ครูควรเน้นย้ำให้นักเรียนทราบจุดประสงค์ของกิจกรรมทั้งก่อนทำกิจกรรม ระหว่างทำกิจกรรม และก่อนการอภิปรายผล

ในการทำกิจกรรม โดยเฉพาะกิจกรรมที่ต้องใช้เวลานานในการทำกิจกรรม ครูควรเน้นย้ำจุดประสงค์ของกิจกรรมให้นักเรียนทราบทั้ง ก่อนทำกิจกรรม ระหว่าง ทำกิจกรรม และก่อนการอภิปรายผล เพื่อให้นักเรียนสามารถสร้างความรู้ใหม่จากผลของการปฏิบัติกิจกรรมได้ เพราะหากครูไม่เน้นย้ำจุดประสงค์ของกิจกรรมอาจทำให้นักเรียนลืมไปว่าทำกิจกรรมดังกล่าว

เพื่ออะไร และทำให้การเชื่อมโยงความรู้เดิมและความรู้ใหม่อาจต้องใช้เวลาานเพราะครูต้อง ทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนอีกครั้ง หรืออาจทำให้กิจกรรมครั้งนั้นไม่ประสบความสำเร็จ นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงการปฏิบัติไปสู่องค์ความรู้ใหม่ได้ ตัวอย่างเช่น ข้อมูลที่ได้จาก บันทึกหลังสอน แผนที่ 1 เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างยีนและโครโมโซม ในชั้นสอนที่ครูให้ นักเรียนคำนวณจีโนไทป์ของเซลล์สืบพันธุ์ตามกฎของเมนเดล จากนั้นสร้างแบบจำลองการแบ่ง เซลล์แบบไมโอซิสเพื่อสังเกตจีโนไทป์ของเซลล์สืบพันธุ์ที่เกิดขึ้น และอภิปรายผลของจีโนไทป์ ทั้ง สองแบบ เพื่ออธิบายว่ายีนมีตำแหน่งอยู่บนโครโมโซมจริงหรือไม่ อย่างไรก็ตาม จากการสอนพบว่า นักเรียนใช้เวลาานในการทำกิจกรรม และเมื่อถึงขั้นตอนของการนำเสนอและอภิปรายผลของ กิจกรรมเพื่อนำไปสู่ข้อสรุป นักเรียนส่วนใหญ่ลืมนจุดประสงค์ของการทำกิจกรรม ทำให้ผู้วิจัย ต้องทำการทบทวนความรู้เดิมที่นักเรียนตอบตอนต้นคาบ และจุดประสงค์ในการทำกิจกรรม ใหม่ ดังที่ผู้วิจัยได้บันทึกไว้ว่า “ครูต้องใช้เวลาานในการทำทบทวนความรู้เดิมในชั้นนำ และ จุดประสงค์ของกิจกรรมที่ตรวจสอบความเข้าใจเดิมที่ว่า ยีนอยู่บนโครโมโซมจริงหรือไม่ ก่อนที่ จะทำการอภิปรายเชื่อมโยงความรู้เดิม กับความรู้ใหม่จนนำไปสู่ข้อสรุป” (บันทึกหลังสอน แผน ที่ 1 วันที่ 8 พ.ย. 54) สอดคล้องกับบทสนทนาของผู้วิจัยและนักเรียนด้านล่าง

ครู จากการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส เราได้เซลล์สืบพันธุ์ที่มีจีโนไทป์ เหมือนกับการคำนวณจีโนไทป์ตามกฎของเมนเดล เราจะสรุปได้ อย่างไร

นักเรียน (นั่งเงียบ)

ครู ในตอนแรก เรามีคำถามว่า “ยีนอยู่บนโครโมโซมจริงหรือไม่” เราจึง ทำกิจกรรมเพื่อตรวจสอบ จากกิจกรรมเราได้ข้อสรุปว่าอย่างไร นักเรียน เซลล์สืบพันธุ์จากการแบ่ง(เซลล์แบบ)ไมโอซิสมีจีโนไทป์ เหมือนกับ การคำนวณจีโนไทป์(ตามกฎเมนเดล)

ครู แล้วเราจะบอกได้อย่างไรว่า ยีนอยู่บนโครโมโซม

นักเรียน (นั่งเงียบ)

ครู คือ ตอนแรกเราไม่รู้ใช่ไหมคะว่ายีนอยู่ที่ไหน ไม่เคยมีใครเห็น เมนเดลตอนสร้างกฎเมนเดลก็ยังไม่เคยเห็นยีน ต่อมาจึงมีการพบการ แบ่งเซลล์ไมโอซิส ทำให้เราเห็นอะไรในการแบ่งเซลล์

นักเรียน เห็นโครโมโซม

ครู นักวิทยาศาสตร์จึงคิดว่ายีนและโครโมโซมน่าจะมีความเกี่ยวข้องกัน ก็ คิดแบบที่เราทำการตรวจสอบนั้นแหละ เค้าคิดว่าไง

นักเรียน คิดว่ายีนน่าจะอยู่บนโครโมโซม

ครู ไข่เค็ม เลยทำการตรวจสอบแบบที่เราทำ แล้วอะไรเป็นหลักฐานยืนยัน

ได้แหละว่า ยีนอยู่บนโครโมโซมจริง

นักเรียน ถ้ายีนอยู่บนโครโมโซมจริง จีโนไทป์(ของเซลล์สืบพันธุ์)ที่ได้จากการ
แบ่ง(เซลล์)แบบไมโอซิส ต้องเหมือนกับจีโนไทป์ที่ได้จากการคำนวณ
(ตามกฎหมายของเมนเดล)

(วีดิทัศน์หลังสอน แผนที่ 1 วันที่ 8 พ.ย.54)

3.2 แนวทางที่ 2 ครูควรอภิปรายคำถามที่นักเรียนหลายกลุ่มมักถามร่วมกันทั้ง ห้อง และบางคำถามครูควรส่งเสริมให้นักเรียนหาคำตอบด้วยตนเองแทนที่จะรอคอย คำตอบจากครู

ในการทำกิจกรรม เมื่อพบว่านักเรียนหลายกลุ่มมีข้อสงสัยหรือปัญหาที่คล้ายกัน
ครูควรนำปัญหาและข้อสงสัยของนักเรียนหลายกลุ่มที่คล้ายกันมาอภิปรายร่วมกันทั้งห้อง แทน
การให้นักเรียนนำเสนอและให้ข้อเสนอแนะทีละกลุ่ม ซึ่งเป็นการเสียเวลา และยังทำให้นักเรียน
เกิดความเบื่อหน่าย นอกจากนี้ข้อสงสัยของนักเรียนบางอย่าง ครูอาจส่งเสริมให้นักเรียนหา
คำตอบด้วยตนเองหรือหาคำตอบโดยการอภิปรายกับเพื่อนในกลุ่มก่อน แทนที่จะรอคอย
คำตอบจากครู ตัวอย่างเช่น แผนที่ 5 เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ ที่ครูให้นักเรียนสร้างแบบจำลอง
ของการจำลอง ดีเอ็นเอโดยใช้ตัวต่อกระดูก จากการสอนพบว่านักเรียนบางกลุ่มไม่ทำการ
อภิปรายลำดับการทำงานของตัวต่อกระดูก แต่จะรอคอยให้ครูมาบอก และหลายกลุ่มมีข้อ
สงสัยซ้ำกันทำให้ครูต้องตอบคำถามเดิมซ้ำๆ กันในทุกกลุ่ม ทำให้ใช้เวลามากในการสอน ดังที่
ผู้วิจัยบันทึกไว้ว่า “นักเรียนบางกลุ่มไม่ยอมอภิปรายจนกว่าครูจะเข้าไปหา และเมื่อครูสอบถาม
ว่าทำไมจึงไม่เริ่มทำ พบว่านักเรียนไม่มั่นใจ กลัวผิดและนักเรียนหลายกลุ่มยังมีคำถามซ้ำกัน
มาก ทำให้เสียเวลาในการทำกิจกรรม” (บันทึกหลังสอน แผนที่ 5 วันที่ 22 พ.ย.54)

จากข้อค้นพบดังกล่าว ผู้วิจัยใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ใน
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง การถอดรหัส ที่ผู้วิจัยให้นักเรียนสร้างแบบจำลองของการ
ถอดรหัสโดยใช้ตัวต่อกระดูก และเมื่อนักเรียนเกิดข้อสงสัยซ้ำๆ กัน ผู้วิจัยจะเรียกให้นักเรียน
หยุดทำกิจกรรมชั่วคราวเพื่ออภิปรายข้อสงสัยร่วมกันในชั้นเรียน แล้วจึงให้นักเรียนทำกิจกรรม
ต่อ ดังที่ผู้วิจัยบันทึกไว้ว่า “ถึงแม้ครูและนักเรียนจะมีการอภิปรายขั้นตอนการถอดรหัสก่อนทำ
กิจกรรมแล้ว แต่เนื่องจากมีขั้นตอนซับซ้อน นักเรียนจึงมีข้อสงสัยซ้ำๆ กันมาก จึงมีการถามข้อ
สงสัยกับครูมาก ครูจึงเรียกให้นักเรียนหยุดทำกิจกรรมชั่วคราว แล้วมาอภิปรายข้อสงสัยพร้อม
กันทั้งห้อง” (บันทึกหลังสอน แผนที่ 6 วันที่ 25 พ.ย.54)

4. กรอบแนวคิดที่ 4 การสร้างความหมายจากการอภิปรายแสดงความคิดเห็นกลุ่มใหญ่

4.1 แนวทางที่ 1 การนำเสนอและอภิปรายผลของกิจกรรม ครูควรเลือกกลุ่มที่มีผลการทำกิจกรรมน่าสนใจและเป็นตัวแทนห้องเพื่อลดเวลาในการนำเสนอและช่วยให้นักเรียนไม่เกิดความเบื่อหน่าย

ในการนำเสนอผลของกิจกรรม นักเรียนหลายกลุ่มอาจมีผลกิจกรรมเหมือนกัน หากครูให้นักเรียนทุกกลุ่มนำเสนอผลของกิจกรรมทั้งหมด จะต้องใช้เวลานานและทำให้นักเรียนเกิดความเบื่อหน่าย และไม่สนใจฟังเมื่อเพื่อนออกมานำเสนอ ดังนั้น ในระหว่างทำกิจกรรม ครูควรสังเกตผลการทำกิจกรรมของนักเรียนทุกกลุ่ม และเมื่อถึงเวลานำเสนอผล ครูควรสุ่มเลือกนักเรียนบางกลุ่มที่มีผลของกิจกรรมที่เป็นตัวแทนของนักเรียนในห้องได้ หรือมีผลที่น่าสนใจ หรือแตกต่างไปจากเพื่อนกลุ่มอื่น เพื่อนำมาเสนอและอภิปรายร่วมกัน ตัวอย่างเช่น แผนที่ 2 เรื่อง รูปร่างและลักษณะของโครโมโซม ที่ครูให้นักเรียนจำแนกรูปร่างและลักษณะของภาพโครโมโซมออกเป็นกลุ่ม และนำเสนอผลการจำแนกที่ละกลุ่มหน้าชั้นเรียน จากการสอนพบว่าผู้วิจัยต้องใช้เวลานานในการให้นักเรียนออกมานำเสนอและนักเรียนที่เป็นผู้ฟังเกิดความเบื่อหน่าย ดังที่ได้บันทึกไว้ว่า “การนำเสนอผลการจำแนกโครโมโซมของนักเรียนใช้เวลานาน และผลการทำกิจกรรมของนักเรียนซ้ำกันหลายกลุ่ม ทำให้นักเรียนหลายคนเริ่มคุยกัน และไม่ฟังสิ่งที่เพื่อนนำเสนอ” (บันทึกหลังสอน แผนที่ 2 วันที่ 10 พ.ย.54)

จากข้อค้นพบดังกล่าว ผู้วิจัยใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การถอดรหัส ที่ผู้วิจัยให้นักเรียนสร้างแบบจำลองการถอดรหัสโดยใช้ตัวต่อกระดาษ และนำเสนอผลการทำกิจกรรมหน้าชั้นเรียน ซึ่งก่อนที่นักเรียนจะนำเสนอผล ผู้วิจัยได้เดินสังเกตและให้ข้อเสนอแนะนักเรียนแต่ละกลุ่ม จากนั้นผู้วิจัยจึงสุ่มเลือกนักเรียนกลุ่มที่มีผลการทำกิจกรรมต่างจากกลุ่มอื่น และกลุ่มที่มีผลกิจกรรมที่สามารถเป็นตัวแทนผลกิจกรรมของทั้งห้องได้เพื่อนำเสนอผลกิจกรรมหน้าชั้นเรียน ดังที่ได้บันทึกไว้ว่า “ครูสุ่มเลือกกลุ่มที่มีผลกิจกรรมเหมือนกันหลายกลุ่มในห้อง และกลุ่มที่มีนักเรียนในกลุ่มเรียนอ่อนให้นำเสนอผลการทำกิจกรรมหน้าชั้นเรียน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ให้ความสนใจการนำเสนอผลกิจกรรม” (บันทึกหลังสอน แผนที่ 5 วันที่ 22 พ.ย.54)

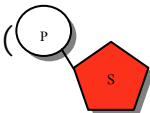
4.2 แนวทางที่ 2 การใช้คำถามในการอภิปรายครูควรถามคำถามโดยเรียงลำดับจากง่ายไปยาก เพื่อให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงการปฏิบัติไปสู่แนวคิดวิทยาศาสตร์ได้

คำถามเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยเชื่อมโยงการปฏิบัติในกิจกรรมไปยังแนวคิดหลัก จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ครูจะต้องถามคำถามโดยมีการเรียงลำดับจากคำถามที่ตอบได้ง่ายโดยใช้การสังเกตหรือผลที่ได้จากการทำกิจกรรมโดยตรง ไปจนถึงคำถามที่นักเรียนต้องคิดวิเคราะห์ ที่มีความหมายข้อมูล มองหาความสัมพันธ์ และลงข้อสรุป ที่ทำเช่นนั้นเพื่อให้นักเรียนสามารถลำดับความเข้าใจและเชื่อมโยงสิ่งที่ทำไปยังแนวคิดหลักได้ เพราะหากครูถามคำถามโดยไม่เรียงลำดับจากง่ายไปยาก จะทำให้นักเรียนเกิดความสับสน และไม่สามารถนำข้อมูลที่ได้จากการปฏิบัติกิจกรรมเชื่อมโยงไปยังแนวคิดหลักได้ ตัวอย่างเช่น แผนที่ 3 เรื่อง ส่วนประกอบและการจัดเรียงตัวของโครโมโซม ในชั้นอภิปรายผลการทำกิจกรรมมีคำถามค่อนข้างยาว เช่น คำถาม แกนสายรัดของเชือก และแกนของดีเอ็นเอ มีลักษณะเหมือนกันหรือไม่อย่างไร คำถามต่อมา แกนนั้นมีประโยชน์ต่อเชือกและดีเอ็นเออย่างไร ซึ่งคำถามไม่ต่อเนื่องกัน คำถามสุดท้าย โครโมโซมมีส่วนประกอบอะไรบ้าง ซึ่งเป็นคำถามที่ตอบได้ง่ายกว่าคำถามแรกจากการสอนจึงทำให้ทราบว่า นักเรียนหลายคนเกิดความสับสน และตอบคำถามไม่ได้ ซึ่งผู้วิจัยได้บันทึกหลังสอนไว้ว่า “นักเรียนหลายคนไม่ตอบคำถามที่ง่ายซึ่งอยู่หลังคำถามที่ยาก เมื่อสอบถามนักเรียนจึงทราบว่า นักเรียนคิดว่าคำตอบในคำถามที่ง่ายจะซับซ้อน จึงคิดไม่ออกและไม่กล้าตอบคำถาม” (บันทึกหลังสอน แผนที่ 3 วันที่ 15 พ.ย.54)

จากข้อค้นพบดังกล่าว ผู้วิจัยใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง โครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ ที่ผู้วิจัยให้นักเรียนสังเกตแบบจำลองดีเอ็นเอ แล้วอภิปรายสิ่งที่ได้จากการสังเกตร่วมกัน ผู้วิจัยมีการปรับการเรียงลำดับคำถามจากง่ายไปยาก โดยเริ่มจากคำถามที่ใช้การสังเกตก่อนแล้วจึงใช้คำถามที่ต้องค้นหาคำตอบเพิ่มเติมจากหนังสือเรียนรวมทั้งการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนในกลุ่ม ดังที่บันทึกไว้ว่า “นักเรียนส่วนใหญ่สามารถตอบคำถามและค้นหาคำศัพท์เฉพาะได้” (บันทึกหลังสอน แผนที่ 4 วันที่ 18 พ.ย. 54) สอดคล้องกับบทสนทนาของผู้วิจัยและนักเรียนด้านล่าง

ครู จากแบบจำลอง มีส่วนใดที่ซ้ำกัน

นักเรียน สีแดง พี

และสีขาวย เอส ()

ครู แล้วสีแดง สีขาว คืออะไร

นักเรียน สีแดง เอส คือ น้ำตาลดีออกซีไรโบส

สีขาว พี คือ หมู่ฟอสเฟต

ครู ส่วนที่ซ้ำกัน

2 อันนั้นเมื่อรวมกัน เรียกว่า อะไร

นักเรียน ไม่รู้ ไม่มีในหนังสือ มีแต่ที่มี 3 ส่วน ที่เรียกว่า นิวคลีโอไทด์ ที่
มีแค่ พี กับ เอส ไม่มี แล้วมันเรียกว่าอะไรคะ

ครู เรียกว่า แบสส์โคน สรุปลแล้วแบสส์โคน ประกอบด้วยอะไรบ้าง

นักเรียน น้ำตาลดีออกซีไรโบส และหมู่ฟอสเฟต

(วีดิทัศน์การสอน แผนที่ 4 วันที่ 18 พ.ย. 54)

4.3 แนวทางที่ 3 ในการอภิปรายเชื่อมโยงความรู้เดิมและความรู้ใหม่ ครูควรมี การชี้ให้นักเรียนเปรียบเทียบความรู้เดิมของตนเองกับผลที่ได้จากการทำกิจกรรมเพื่อ สร้างความรู้ใหม่

ในชั้นสอน กิจกรรมที่ใช้เพื่อให้นักเรียนเรียนรู้แนวคิดหลักอาจใช้เวลานาน อาจทำ
ให้นักเรียนสืบความรู้เดิมที่ครูสำรวจไว้ในขั้นนำ ครูจึงควรมีการทบทวนความรู้เดิมของนักเรียน
ก่อนการอภิปรายผลของกิจกรรม เพื่อให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมกับข้อมูล
หลักฐานที่ได้จากการทำกิจกรรมและนำไปสู่การสร้างความรู้ใหม่ ตัวอย่างเช่น แผนที่ 1 เรื่อง
ความสัมพันธ์ระหว่างยีนและโครโมโซม ที่ครูให้นักเรียนคำนวณจีโนไทป์ของเซลล์สืบพันธุ์ตาม
กฎของเมนเดล และจีโนไทป์ของเซลล์สืบพันธุ์จากการสร้างแบบจำลองการแบ่งเซลล์แบบไมโอ
ซิสโดยใช้เชือกสีต่างๆ เพื่ออธิบายแนวคิดที่ว่ายีนมีตำแหน่งอยู่บนโครโมโซมจริงหรือไม่ อย่างไรก็ตาม
จากการสอนพบว่าเมื่อทำกิจกรรมและนำเสนอผลกิจกรรมแล้ว ในขั้นการเชื่อมโยงความรู้เดิม
กับความรู้ใหม่ นักเรียนสืบความรู้เดิมที่ตนเองได้ตอบว่ายีนมีตำแหน่งอยู่บนโครโมโซม ดังที่
ผู้วิจัยบันทึกไว้ว่า “เมื่อทำกิจกรรมเสร็จ นักเรียนเปรียบเทียบผลของกิจกรรมแล้วจึงเชื่อมโยง
ความรู้เดิมไปยังความรู้ใหม่ แต่นักเรียนลืมไปแล้วว่าในขั้นนำ นักเรียนคิดว่า ยีนอยู่บน
โครโมโซม” (บันทึกหลังสอน แผนที่ 1 วันที่ 8 พ.ย.54)

จากข้อค้นพบดังกล่าว ผู้วิจัยใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ใน
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง รูปร่างและลักษณะโครโมโซม ที่ผู้วิจัยสำรวจความรู้เดิมของ
นักเรียนโดยให้นักเรียนสังเกตภาพต่างๆ เช่น ปาต่องโก๋ ไมโทคอนเดรีย เซนทริโอล ฯลฯ และ
ถามว่าภาพใดมีลักษณะคล้ายกับโครโมโซม พร้อมทั้งอธิบายเหตุผล จากนั้นผู้วิจัยจึงนำ
อภิปรายและสรุปรูปร่างและลักษณะของโครโมโซมตามความเข้าใจของนักเรียนในขั้นนำ โดยมี
การจดบันทึกความเข้าใจของนักเรียนบนกระดาน จากนั้นผู้วิจัยแจกภาพโครโมโซมหลาย
รูปแบบให้นักเรียนอภิปรายเปรียบเทียบว่าโครโมโซมที่ครูแจกให้มีลักษณะเหมือนหรือแตกต่าง
กันอย่างไร เพื่อเปรียบเทียบกับความเข้าใจของนักเรียนที่ครูจดบันทึกไว้บนกระดาน จากการ
สอนพบว่านักเรียนสามารถบอกได้ว่าโครโมโซมที่นักเรียนเข้าใจหลังกิจกรรมมีลักษณะเป็นแท่ง
2 แท่งติดกัน โดยตำแหน่งที่ติดกันเรียกว่า เซนโทรเมียร์ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่
ต้องการ ดังที่ผู้วิจัยบันทึกหลังสอนไว้ว่า “เมื่อเข้าสู่การเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ ครู

ได้ชี้ให้นักเรียนเห็นความเข้าใจเรื่องโครโมโซมของนักเรียนก่อนเรียนที่อยู่บนกระดาน ก่อนอภิปรายเปรียบเทียบกับความเข้าใจเรื่องรูปร่างลักษณะโครโมโซมหลังทำกิจกรรม พบว่านักเรียนสามารถเปรียบเทียบได้ และมีความเข้าใจเกี่ยวกับรูปร่างและลักษณะของโครโมโซมมากขึ้น” (บันทึกหลังสอน แผนที่ 2 วันที่ 10 พ.ย.54)

4.4 แนวทางที่ 4 ในขั้นสรุป ครูควรมีเทคนิคที่ช่วยนักเรียนในการสรุปเรื่องที่ได้อ่านรู้

ในเวลาจำกัด การที่ครูใช้คำถามในการอภิปรายเพื่อให้นักเรียนสรุปแนวคิดที่ได้เรียนรู้ไปเพียงอย่างเดียว อาจไม่สามารถสรุปแนวคิดได้ครอบคลุม ทำให้นักเรียนเข้าใจว่าแนวคิดที่ครูไม่ได้สรุปนั้นไม่สำคัญ ครูจึงจำเป็นต้องใช้เทคนิคอื่นเพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถสรุปแนวคิดที่ได้เรียนรู้ไปได้อย่างครอบคลุม เช่น การทำแบบฝึกหัด การอธิบายภาพ จากนั้นจึงนำมาเฉลยพร้อมกัน ตัวอย่างเช่น แผนที่ 5 เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ ที่ผู้วิจัยให้นักเรียนสร้างแบบจำลองของการจำลองดีเอ็นเอโดยใช้ตัวต่อกระดาษ และเมื่อนักเรียนทำกิจกรรมเสร็จ ในขั้นสรุป ผู้วิจัยใช้คำถามในการนำอภิปรายสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ เช่น การถอดรหัสคืออะไร มีขั้นตอนอย่างไร พบว่านักเรียนใช้เวลานานในการตอบคำถาม และตอบคำถามได้ไม่ครอบคลุมแนวคิดที่เรียน ดังที่บันทึกหลังสอนไว้ว่า “การสรุปแนวคิดใช้เวลานาน และแนวคิดที่ต้องสรุปมีมาก เมื่อพบว่านักเรียนเข้าใจผิดก็ต้องมาอภิปรายกันใหม่ ซึ่งบางครั้งใช้เวลานานกว่าจะทราบว่านักเรียนเข้าใจผิด เนื่องจากการตอบคำถามจะเรียงตามลำดับขั้นตอน” (บันทึกหลังสอน แผนที่ 5 วันที่ 22 พ.ย.54) จากข้อค้นพบดังกล่าว ผู้วิจัยใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุง แผนที่ 6 เรื่อง การถอดรหัส ที่ผู้วิจัยให้นักเรียนสร้างแบบจำลองของการถอดรหัสจากตัวต่อกระดาษ และในขั้นสรุปผู้วิจัยใช้คำถามประกอบภาพขั้นตอนการถอดรหัส และพบว่าการสรุปทำได้ครอบคลุมมากขึ้น แต่ยังคงใช้เวลานาน ดังที่บันทึกไว้ว่า “นักเรียนสามารถสรุปเรื่องที่เรียนได้ครอบคลุมมากขึ้น อย่างไรก็ตามพบว่าการสรุปใช้เวลานานมากจนนักเรียนหลายคนเกิดความเบื่อหน่าย” (บันทึกหลังสอน แผนที่ 6 วันที่ 25 พ.ย.54)

5. กรอบแนวคิดที่ 5 การใช้เทคนิคอุปมาอุปไมย

5.1 แนวทางที่ 1 ครูควรเลือกใช้สื่อและอุปกรณ์การสอนให้เหมาะสมกับเวลาและกิจกรรม

จากการสอนพบว่ากิจกรรมที่นักเรียนต้องประดิษฐ์หรือตกแต่งโดยใช้อุปกรณ์ต่างๆ เช่น เชือก นักเรียนมักใช้เวลานานในการทำกิจกรรม ทำให้เวลาในการจัดการเรียนการสอน

สอนไม่เพียงพอ ครูจึงควรเลือกใช้สื่อและอุปกรณ์การสอนให้เหมาะสมกับเวลาและกิจกรรม ตัวอย่างเช่น แผนที่ 1 เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างยีนและโครโมโซม ที่นักเรียนต้องสร้างแบบจำลองการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส โดยใช้เชือกที่มีขนาดและสีแตกต่างกัน พบว่านักเรียนใช้เวลาในการจัดแต่งเชือก ดังที่บันทึกไว้ว่า “นักเรียนใช้เวลาในการทำกิจกรรมการสร้างแบบจำลองการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสนาน เนื่องจากต้องตัดเชือกให้พอดีเพื่อทำเป็นโครโมโซมและอัลลีล ดังนั้นครูผู้สอนจึงควรตัดเชือกให้พอดี” (บันทึกหลังสอน แผนที่ 1 วันที่ 8 พ.ย.54)

5.2 แนวทางที่ 2 ครูควรใช้อะไรที่นักเรียนคุ้นเคย

กิจกรรมที่ต้องใช้อะไรที่นักเรียนคุ้นเคย ครูควรเลือกอะไรที่ชัดเจน และนักเรียนเข้าใจ อนาคตนั้น เพราะหากอะไรที่ใช้นั้นไม่ชัดเจน หรือเป็นภาพที่นักเรียนไม่เข้าใจ ไม่ รู้จัก ไม่มีความรู้เดิมอยู่ อาจทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจคลาดเคลื่อน หรือไม่ สามารถใช้ อนาคตนั้นในการเรียนรู้แนวคิดที่ต้องการได้ ตัวอย่างเช่น แผนที่ 3 เรื่อง ส่วนประกอบและการจัดเรียงตัวของโครโมโซม ที่ครูให้นักเรียนสร้างแบบจำลองส่วนประกอบของโครโมโซมจากแกนสายรัดพลาสติก และเชือก และการขดตัวของเชือกกับแกนสายรัดพลาสติกแทนการจัดเรียงตัวของโครโมโซมพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ไม่เข้าใจว่าสายรัดพลาสติกและเชือกจะเป็นโครโมโซมได้อย่างไร ดังที่ได้บันทึกในอนุทินของนักเรียน “วันหนึ่งๆ ไม่ค่อยเข้าใจว่าให้ทำอะไร เชือกมาพันๆ กับแกนพลาสติก พันๆ ยังไงให้เป็นโครโมโซม ไม่เห็นเหมือนโครโมโซมเลย” (อนุทินของนักเรียนหมายเลข 25 แผนที่ 3 เรื่อง ส่วนประกอบและการจัดเรียงตัวของโครโมโซม) สอดคล้องกับบันทึกหลังสอน แผนที่ 3 ที่บันทึกไว้ว่า “นักเรียนส่วนใหญ่ไม่เข้าใจ การสร้างแบบจำลองโครโมโซมจากแกนพลาสติกและเชือก และจากการสอบถามส่วนใหญ่ไม่เข้าใจว่าต้องพันอย่างไรให้เป็นโครโมโซม นอกจากนี้ยังบอกอีกว่าอุปกรณ์ไม่เหมือนส่วนประกอบของโครโมโซม จะทำให้เป็นโครโมโซมได้อย่างไร” (บันทึกหลังสอน แผนที่ 3 วันที่ 15 พ.ย.54)

5.3 แนวทางที่ 3 ครูควรมีการอภิปรายเน้นย้ำความเหมือนและความแตกต่างของ อนาคตและเป้าหมาย

ในการใช้เทคนิคอุปมาอุปไมย คือ การใช้วัตถุแทนแนวคิดหลักที่ต้องการศึกษา เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถเข้าใจแนวคิดหลักได้ง่ายขึ้น แต่สิ่งสำคัญ คือ ครูต้องเลือกใช้อะไรที่เหมาะสม อุปกรณ์หรือวัตถุที่เป็นตัวแทนแนวคิดหลักต้องมีความชัดเจน และควรมีการอภิปรายเปรียบเทียบลักษณะที่เหมือนและลักษณะที่แตกต่างกันของแนวคิดหลักและวัตถุที่เป็นตัวแทนแนวคิดหลักหรืออนาคต เพราะหากการเปรียบเทียบดังกล่าวไม่ชัดเจน อาจเป็นสาเหตุทำให้นักเรียนเกิดแนวคิดคลาดเคลื่อน หรือไม่เข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ได้ ตัวอย่างเช่น แผนที่

3 เรื่อง ส่วนประกอบและการจัดเรียงตัวของโครโมโซม ที่ครูให้นักเรียนสร้างแบบจำลองของ ส่วนประกอบของโครโมโซม โดยใช้แกนสายรัดพลาสติกและเชือก และนำแกนสายรัดพลาสติก และเชือกมาจัดเรียงตัว เพื่อแทนการจัดเรียงตัวของโครโมโซม แล้วจึงอภิปรายวิธีการทำ กิจกรรมกับการจัดเรียงตัวของโครโมโซม จากการสอนพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถ เชื่อมโยงสิ่งที่ปฏิบัติในกิจกรรมกับการจัดเรียงตัวของโครโมโซมได้ เนื่องจากรูปร่างลักษณะการ จัดเรียงตัวของอนุภาคพับไปมาเท่านั้น ต่างจากการจัดเรียงตัวของโครโมโซมที่มีการขดตัว คล้ายสปริง ดังที่ได้บันทึกไว้ว่า “นักเรียนส่วนใหญ่ไม่เข้าใจ การสร้างแบบจำลองโครโมโซมจาก แกนพลาสติกและเชือก และจากการสอบถามส่วนใหญ่ไม่เข้าใจว่าต้องพันอย่างไรให้เป็น โครโมโซม นอกจากนี้ยังบอกอีกว่าอุปกรณ์ไม่เหมือนส่วนประกอบของโครโมโซม จะทำให้เป็น โครโมโซมได้อย่างไร” (บันทึกหลังสอน แผนที่ 3 วันที่ 15 พ.ย.54) ซึ่งสอดคล้องกับอนุทิน ของนักเรียนหมายเลข 7 ที่บันทึกว่า “ไม่เข้าใจว่าเอาเชือกมาพันกับแกนพลาสติกแล้วพับไปพับ มาเกี่ยวข้องกับการจัดเรียงตัวของโครโมโซมยังไง” (อนุทินของนักเรียน แผนวันที่ 15 พ.ย.54)

5.4 แนวทางที่ 4 ครูควรจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับอนุภาค

ในการใช้อินเทอร์เน็ตเพื่อช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้แนวคิดวิทยาศาสตร์ ครูควร จัดกิจกรรมให้นักเรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับอนุภาคด้วย เช่น ในกิจกรรมที่มีการใช้แบบจำลอง ครูควรให้นักเรียนได้ถอดแบบจำลอง ประกอบแบบจำลอง หรือสร้างแบบจำลอง มิใช่ให้ดู แบบจำลองเพียงอย่างเดียว เพราะหากนักเรียนดูแบบจำลองโดยไม่ไดลงมือปฏิบัติ นักเรียนจะ ขาดการมีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรม และทำให้นักเรียนไม่มีหลักฐานหรือข้อมูลเพียงพอในการ สร้างความรู้ใหม่ที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างเช่น แผนที่ 4 เรื่อง โครงสร้างและ องค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ ที่ผู้วิจัยให้นักเรียนสังเกตแบบจำลองดีเอ็นเอ และอภิปราย ร่วมกันเพื่อสร้างความรู้ใหม่ พบว่านักเรียนมีส่วนร่วมน้อย นักเรียนบางคนไม่มีจุดสังเกต แบบจำลอง และไม่สนใจทำกิจกรรม ดังที่ได้บันทึกไว้ว่า “นักเรียนจำนวนมากนั่งคุยกัน โดยไม่ สนใจแบบจำลอง นั่งคุยกันและลอกใบบันทึกกิจกรรมของเพื่อนที่ทำกิจกรรมอยู่” (บันทึกหลัง สอน แผนที่ 4 วันที่ 18 พ.ย. 54) สอดคล้องกับอนุทินของนักเรียน ที่บันทึกว่า “แบบจำลองดู ดีมาก แต่วันนี้ไม่ค่อยรู้เรื่อง ดูอย่างเดียวเอง มันก็เหมือนๆ กัน ไม่รู้ดูยังไง” (อนุทินของ นักเรียนหมายเลข 24 วันที่ 18 พ.ย. 54)

5.5 แนวทางที่ 5 เทคนิคอุปมาอุปไมยอาจไม่เหมาะกับการสอนแนวคิด วิทยาศาสตร์ที่ซับซ้อน

ในแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่ซับซ้อน และเป็นกระบวนการ เช่น แนวคิดเรื่อง การ จำลอง ดีเอ็นเอ และการแปรรหัส การใช้วัตถุแทนแนวคิดนั้นจะมีหลายชั้น อาจทำให้นักเรียน

เกิดความสับสนกับวัตถุและแนวคิดที่ต้องการ และทำให้เกิดแนวคิดคลาดเคลื่อนได้ ตัวอย่างเช่น แผนที่ 5 เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ ที่ผู้วิจัยให้นักเรียนสร้างแบบจำลองของการจำลองดีเอ็นเอโดยใช้ตัวต่อกระดาษ เมื่อมีการอภิปรายผลการทำกิจกรรมพบว่านักเรียนอธิบายขั้นตอนการจำลองดีเอ็นเอได้ไม่ครบถ้วน อาจเพราะมีกระบวนการหลายขั้นตอน และในขั้นตอนสายยาวนักเรียนเกิดแนวคิดคลาดเคลื่อน ดังที่บันทึกไว้ว่า “นักเรียนบางกลุ่มเข้าใจว่า RNA Primase จะสร้าง RNA สายยาวเลย หรือบางคนดูไม่ออกว่า RNA Primase จะเริ่มต้นสร้าง RNA ด้านใดของ DNA ต้นแบบ” (บันทึกหลังสอน แผนที่ 5 วันที่ 22 พ.ย.54) สอดคล้องกับบทสนทนาของผู้วิจัยและนักเรียนด้านล่าง

นักเรียน อาจารย์ ตัวสีเหลือง ( เอนไซม์ RNA Primase) เข้าตรงไหน

ครู เธอสังเกตดูดีเอ็นเออะ มี 2 ด้าน ด้านอะไรบ้าง

นักเรียน ด้าน 5' และ 3'

ครู เธอลองชี้ในดีเอ็นเอของเธอว่าตรงไหนด้าน 5' (และ) 3'

นักเรียน (ชี้ด้าน 5' และ 3' ในแบบจำลองดีเอ็นเอของตนเอง)

ครู แล้ว RNA Primase ต้องสร้างจากด้านไหน

นักเรียน (กลับไปศึกษาใบความรู้)

นักเรียน จาก 5' ไป 3'

ครู ฉะนั้นต้องจับกับดีเอ็นเอด้านไหน

นักเรียน 3'

ครู จินี้ชี้ด้าน 3' ของเธอสิ

นักเรียน (ชี้ด้าน 3' ไม่ถูกต้อง)

(วิธีทักสน์การสอน แผนที่ 5 วันที่ 22 พ.ย. 54)

ครู ทำไมกลุ่มเธอไม่ใช้ DNA Polymerase เลยละ

นักเรียน แล้วใช้ทำอะไรคะ

ครู กลับไปอ่านดู

นักเรียน (กลับไปอ่านใบกิจกรรม)

นักเรียน DNA Polymerase เอาไว้สร้างดีเอ็นเอสายใหม่

ครู จินี้เธอลองสังเกตดีเอ็นเอที่เธอสร้าง มีแต่เบส ยู ไม่มีเบส ทีเลย หมายความว่าอย่างไร

นักเรียน มีแต่ RNA

ครู แสดงว่าเธอใช้ Primase สร้าง RNA ทั้งหมด แล้วกิจกรรมนี้เราทำเพื่ออะไร

นักเรียน สร้าง DNA สายใหม่ค่ะ
ครู แล้วที่นักเรียนสร้างขึ้นเป็นอะไร
นักเรียน RNA ค่ะ

(วิธีทักสน์การสอน แผนที่ 5 วันที่ 22 พ.ย. 54)



การอภิปรายผลการวิจัยของคำถามวิจัยข้อที่ 2

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้จัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาแนวคิดเรื่องยีนและโครโมโซม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย ซึ่งมีคำถามวิจัยข้อที่ 2 คือ การจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย ควรมีแนวทางการจัดอย่างไร ที่ช่วยให้ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่องยีนและโครโมโซม

การจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับ เทคนิค อุปมาอุปไมย เป็นการจัดการเรียนการสอนตามกรอบแนวคิด 5 กรอบ คือ 1) การนำเอา ความรู้เดิมของผู้เรียนในเรื่องที่สอนมาใช้เป็นแนวทางในการสร้างองค์ความรู้ใหม่ 2) การให้ ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรม กับครู หรือการมีปฏิสัมพันธ์กันเองระหว่างผู้เรียนเพื่อ แสวงหาองค์ความรู้ใหม่ 3) การที่ผู้สอนมีบทบาทเป็นผู้เสนอแนะและจัดประสบการณ์ให้ ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง 4) การสร้างความหมายจากการอภิปรายแสดงความคิดเห็น และ 5) การใช้เทคนิคอุปมาอุปไมย โดยในการอภิปรายผลการวิจัยผู้วิจัยจะอภิปรายที่ละกรอบ แนวคิด

1. กรอบแนวคิดที่ 1 การนำเอาความรู้เดิมของผู้เรียนในเรื่องที่สอนมาใช้เป็นแนวทางในการสร้างองค์ความรู้ใหม่

จากการวิจัยพบว่าในกรอบแนวคิดที่ 1 ได้ข้อสรุปของแนวทางที่ 1 คือ ในขั้นนำครูควร ใช้คำถามที่ครอบคลุมความรู้เดิม และความรู้พื้นฐานที่จำเป็น ในการสร้างองค์ความรู้ใหม่ ซึ่ง ข้อสรุปที่ได้สอดคล้องกับ สุวัฒน์ นิยมคำ (2531) ที่กล่าวว่าสิ่งจำเป็นที่ทำให้เกิดแนวคิด คือ พื้นความรู้เดิมหรือประสบการณ์เดิมของนักเรียน และสอดคล้องกับ วิทยา ภาชื่น (2553) ที่ ศึกษาการเปลี่ยนแปลงแนวคิด เรื่อง สมดุลเคมี กับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังผ่านการ จัดการเรียนรู้โดยการเปรียบเทียบ พบว่านักเรียนจำนวนมากยังคงมีแนวคิดคลาดเคลื่อนแม้จะ ผ่านการจัดการเรียนรู้มาแล้วซึ่งเกิดจากนักเรียนไม่มีแนวคิดพื้นฐานที่สำคัญต่อการ เปลี่ยนแปลงแนวคิดเรื่อง สมดุลเคมี นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับ สมฤทัย สังฆคราม (2553) ที่ศึกษารูปแบบการทำความเข้าใจของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พันธะเคมีโดยใช้เทคนิค อุปมาอุปไมยตามแนว FOCUS-ACTION-REFLECTION (FAR) GUIDE ที่พบว่า นักเรียนต้องใช้ ความรู้เดิมมาเชื่อมโยงกับประสบการณ์ใหม่ และความรู้เดิมยังใช้ในการเลือก อนาคตที่เหมาะสมกับแนวคิดเป้าหมาย ข้อสรุปของ แนวทางที่ 2 คือ ครูควรมีสื่อประกอบการใช้คำถาม เพื่อกระตุ้นความสนใจของ นักเรียน ซึ่งข้อสรุปนี้สอดคล้องกับ เมธา สีหานาท (2546) ที่ กล่าวถึงการใช้สื่อในการสอนเพิ่มเติมเพื่อกระตุ้นความสนใจ ประกอบกับการสร้างปัญหา ในชั้น

นำของกิจกรรมการสอน นอกจากนี้ผลการวิจัยยังพบ **แนวทางที่ 3** คือ การที่ครูให้นักเรียนวาดภาพประกอบการอธิบายความรู้เดิมของนักเรียนในแนวคิดที่เป็นนามธรรมน่าจะช่วยให้ครูทราบความรู้เดิมของนักเรียนได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งแนวทางนี้สอดคล้อง กับ Shepadson et al. (2007) ที่ศึกษาแนวคิดเรื่อง กลุ่มน้ำของนักเรียนตั้งแต่ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ถึงมัธยมศึกษาปีที่ 6 ใน มิตเวส ของประเทศอเมริกา โดยใช้การวาดภาพ ซึ่งง่ายต่อการตรวจสอบความเข้าใจมากกว่า การเขียนบรรยาย และ**แนวทางที่ 4** คือ ในชั้นสอน ครูควรจัดกิจกรรมที่ช่วยให้นักเรียนเห็นหลักฐานของแนวคิดที่ถูกต้องทางวิทยาศาสตร์เพื่อช่วยนักเรียนในการปรับเปลี่ยนแนวคิดที่คลาดเคลื่อนให้เป็นแนวคิดวิทยาศาสตร์ ซึ่งแนวทางที่ 4 นี้สอดคล้องกับ การจัดการเรียนการสอนตาม หลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐาน (กระทรวงศึกษาธิการ , 2551) ที่ต้องการให้นักเรียนเรียนรู้แนวคิดวิทยาศาสตร์โดยใช้หลักฐานที่ค้นพบจากกิจกรรมเพื่อสรุปรวมเป็นองค์ความรู้ใหม่

2. กรอบแนวคิดที่ 2 การให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรม กับครู หรือการมีปฏิสัมพันธ์กันเองระหว่างผู้เรียนเพื่อแสวงหาองค์ความรู้ใหม่

ข้อค้นพบที่ได้จากงานวิจัยนี้ตามกรอบที่ 2 คือ **แนวทางที่ 1** การส่งเสริมการอภิปรายของนักเรียนในกลุ่ม ครูควรจัดสื่อหรืออุปกรณ์กลางของกลุ่ม และควรมีเทคนิคที่กระตุ้นการอภิปรายของนักเรียนในกลุ่มอย่างเพียงพอ ซึ่งแนวทางนี้สอดคล้องกับ Johnson and Johnson (1994:31-32) ที่กล่าวว่าการใช้อุปกรณ์ร่วมกันเป็นการส่งเสริมให้มีปฏิสัมพันธ์กันและทำให้ประสบความสำเร็จในกิจกรรมกลุ่ม **แนวทางที่ 2** คือ ในกิจกรรมชั้นสอนที่ครูใช้เทคนิคอุปมาอุปไมย มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ครูจะต้องอภิปรายกับนักเรียนจนเกิดความเข้าใจว่าอุปกรณ์ (อนาล็อก) แต่ละอย่างนั้นแทนอะไรในแนวคิดหลัก (เป้าหมาย) รวมทั้งความเหมือนและความต่างของตัวอนาล็อกกับเป้าหมาย ซึ่งแนวทางนี้สอดคล้องกับ Iding (1997) ที่กล่าวว่า การสอนโดยใช้เทคนิคอุปมาอุปไมยควรอธิบายให้ชัดเจนก่อนว่าอนาล็อกนี้แทนด้วยแนวคิดใดก่อนทำกิจกรรม และยังสอดคล้องกับ ชาตรี ฝ่ายคำตา (2551) Harrison และ Richard (2008) และ Glynn (2007 A) ที่กล่าวว่าครูควรให้ความสำคัญต่อการ ชี้ให้นักเรียนเห็นความแตกต่างระหว่างอนาล็อก และเป้าหมายก่อนที่จะอภิปรายเพื่อลงข้อสรุป นอกจากนี้ผลการวิจัยยังพบ **แนวทางที่ 3** ในชั้นสอน ครูควรอธิบายวิธีทำกิจกรรมจนมั่นใจว่านักเรียนเข้าใจแล้วจึงให้นักเรียนทำกิจกรรม ซึ่งสอดคล้องกับ วรณดี จันทรวงศ์ (2547) ที่ทำการศึกษาแนวคิดเรื่อง สารประกอบไฮโดรคาร์บอน จากการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองกับนักเรียนพยาบาลชั้นปีที่ 1 พบว่าการที่ครูต้องเน้นการอธิบายวิธีทำกิจกรรม เพื่อลดพฤติกรรมของผู้เรียนที่ให้ผู้สอนบอกความรู้ บอกวิธีการทดลอง บอกผลการทดลอง และรอการสรุปผลจากผู้อื่น และส่งเสริมให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ กับกิจกรรม **แนวทางที่ 4** ในการส่งเสริม

การมีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรม กับครู หรือการมีปฏิสัมพันธ์กันเองระหว่างผู้เรียน ครูควรให้แรงเสริมทางบวก เพื่อให้ให้นักเรียนเกิดความมั่นใจในการแสดงความคิดเห็น การทำกิจกรรม และการอภิปรายผล ซึ่งข้อค้นพบที่ได้นี้สอดคล้องกับ นิภาพร เฉลิมนิจตร (2547) ที่ทำการวิจัยกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เพื่อพัฒนาแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์โดยใช้โปรแกรมกิจกรรมกลุ่มและพบว่ากิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนแสดงความสามารถ แลกเปลี่ยนความคิดเห็นได้รับการยอมรับ ให้กำลังใจ และปลอดภัยจากการถูกวิจารณ์สามารถทำให้นักเรียนมีความเชื่อมั่น และให้ความร่วมมือในกิจกรรม และสอดคล้องกับ Johnson และ Johnson (1994: 31-34) ที่กล่าวถึงการเสริมแรงบวกในกิจกรรมสามารถส่งเสริมการมีปฏิสัมพันธ์ภายในกลุ่ม และการมีปฏิสัมพันธ์กับครูได้ นอกจากนี้ งานวิจัยนี้ยังพบ **แนวทางที่ 5** ในชั้นสอน ครูควรใช้กิจกรรมที่เน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติอย่างหลากหลาย ซึ่งแนวทางนี้สอดคล้องกับ วรุณี โกสุมศุภมาลา (2552) ที่ทำการศึกษากิจการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง โมล และพบว่ากิจกรรมการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ควรเป็นกิจกรรมที่เน้นให้นักเรียนฝึกทำ ฝึกคิด และลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง

3. กรอบแนวคิดที่ 3 การที่ผู้สอนมีบทบาทเป็นผู้เสนอแนะและผู้จัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง

ในการจัดการเรียนการสอนตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมยตามกรอบแนวคิดที่ 3 พบว่า **แนวทางที่ 1** ครูควรเน้นย้ำจุดประสงค์ของกิจกรรมให้นักเรียนทราบทั้งก่อนทำกิจกรรม ระหว่างทำกิจกรรม และก่อนการอภิปรายผล สอดคล้องกับ พวงเพชร เกตุวีระพงศ์ (2552) ที่ระบุว่า การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนควรเน้นให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยครูเป็นผู้จัดประสบการณ์ และอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ มากกว่าเป็นผู้บอกความรู้ จึงจำเป็นให้นักเรียนระลึกถึงจุดประสงค์ของการทำกิจกรรมการเรียนรู้อยู่เสมอ **แนวทางที่ 2** ครูควรอภิปรายคำถามที่นักเรียนหลายกลุ่มมักถามร่วมกันทั้งห้อง และบางคำถามครูควรส่งเสริมให้นักเรียนหาคำตอบด้วยตนเอง แทนที่จะรอคอยคำตอบจากครู สอดคล้องกับ ปรียา นพคุณ (2549) ที่ศึกษาการพัฒนารูปแบบกระบวนการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองกับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 5 ที่พบว่ากิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองต้องกระตุ้นให้นักเรียนพยายามช่วยเหลือตนเอง และลงมือทำด้วยตนเองก่อนขอความช่วยเหลือจากผู้อื่น

4. กรอบแนวคิดที่ 4 การสร้างความหมายจากการอภิปรายแสดงความคิดเห็นกลุ่มใหญ่

ข้อค้นพบที่ได้จากงานวิจัยนี้ตามกรอบที่ 4 คือ **แนวทางที่ 1** การนำเสนอและอภิปรายผลของกิจกรรม ครูควรเลือกกลุ่มที่มีผลการทำกิจกรรมน่าสนใจและเป็นตัวแทนของผลการทำกิจกรรมของนักเรียนในห้องได้เพื่อลดเวลาในการนำเสนอและช่วยให้นักเรียนไม่เกิดความเบื่อหน่าย ซึ่งสอดคล้องกับ พวงเพชร เกตุวีระพงศ์ (2552) ที่ศึกษาการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะ ในวิชาเคมีพื้นฐาน กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และพบว่า การให้นักเรียนนำเสนอผลกิจกรรมหน้าชั้นเรียนทุกกลุ่ม ใช้เวลานานจึงเลือกตัวแทนกลุ่มเพียง 2 กลุ่มออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน เพื่อลดเวลาในการทำอภิปรายผลของกิจกรรม ข้อค้นพบจากงานวิจัย **แนวทางที่ 2** คือ การใช้คำถามในการอภิปรายควรเรียงลำดับจากคำถามที่ตอบได้ง่ายจากการสังเกตผลการทำกิจกรรม ไปหาคำถามที่ต้องการการการคิดวิเคราะห์การตีความหมายและการลงข้อสรุป เพื่อให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงการปฏิบัติไปสู่แนวคิดวิทยาศาสตร์ได้ สอดคล้องกับ วัฒนาพร ระงับทุกข์ (2545) ที่ได้กล่าวถึงการใช้คำถามที่ดี ที่ต้องมีการเรียงลำดับคำถามในระดับความจำ หรือเข้าใจซึ่งเป็นคำถามระดับต่ำที่ง่าย ซึ่งผู้เรียนสามารถตอบได้ถูกต้องก่อนที่จะเริ่มคำถามในระดับที่ซับซ้อน และ **แนวทางที่ 3** ในการอภิปรายเชื่อมโยงความรู้เดิมและความรู้ใหม่ ครูควรมีการชี้ให้นักเรียนเห็นความรู้เดิมของตนเองก่อนแล้วจึงแสดงให้นักเรียนเห็นหลักฐานจากการปฏิบัติกิจกรรมเพื่อเชื่อมโยงไปสู่ความรู้ใหม่ ซึ่งสอดคล้องกับ พวงเพชร เกตุวีระพงศ์ (2552) ที่ศึกษาการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ในวิชาเคมีพื้นฐาน กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า นักเรียนมีการจัดระบบและพิจารณาข้อมูล แล้วนำไปสรุปเกิดเป็นความรู้ใหม่ทำให้นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับคุณภาพดี นอกจากนี้ **แนวทางที่ 4** ในขั้นสรุป หากการใช้คำถามอภิปรายเพียงอย่างเดียวยังไม่เพียงพอที่จะสรุปแนวคิดที่ได้เรียนรู้ไป ครูควรใช้เทคนิคอื่นเพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ สอดคล้องกับ อรจิต ญแพ (2541) ที่กล่าวไว้ว่า วิธีการสรุปบทเรียน ผู้สอนควรปรับให้เหมาะสมกับสถานการณ์ อาจให้นักเรียนสรุปเอง เช่น การใช้คำถาม การใช้สื่อหน้าเพื่อกระตุ้นให้ระลึกถึงสิ่งที่เรียน การบรรยายย่อสรุป การพิมพ์สรุปให้ผู้เรียนทบทวนเอง หรือให้ผู้เรียนสรุปเอง เช่น ผู้เรียนเล่าเรื่องย่อที่เรียน รายงานประเด็นส่งเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่ม เป็นต้น

5. กรอบแนวคิดที่ 5 การใช้เทคนิคอุปมาอุปไมย

จากงานวิจัยพบว่าในการใช้เทคนิคอุปมาอุปไมยควรมีแนวทางในการใช้ดังนี้ **แนวทางที่ 1** ครูควรใช้อุปกรณ์ที่มีขนาดเหมาะสมกับเวลาและกิจกรรม ซึ่งสอดคล้องกับ ปรียา นพคุณ (2545) ที่ศึกษาการพัฒนารูปแบบกระบวนการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองกับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่พบว่า ก่อนกิจกรรมการเรียนรู้

ครูควรเตรียมอุปกรณ์ที่เหมาะสม และเพียงพอ เพื่อลดระยะเวลาและความวุ่นวายในการทำกิจกรรม ส่วน **แนวทางที่ 2** ครูควรเลือกภาพที่มีความชัดเจน นักเรียนมีความคุ้นเคย สอดคล้องกับ Iding (1997) ที่กล่าวว่า การใช้อินโฟลิกที่นักเรียนรู้จักหรือคุ้นเคยจะทำให้ นักเรียนมีความรู้พื้นฐานที่ช่วยในการอธิบายและทำความเข้าใจแนวคิดเป้าหมายต่อไปได้ นอกจากนี้ Iding ยังกล่าวว่า หากอินโฟลิกมีลักษณะห่างไกลจากแนวคิดเป้าหมายอาจทำให้ นักเรียนเกิดแนวคิดคลาดเคลื่อนได้ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับ Harrison และ Treagust *et al.* (2006) ที่กล่าวถึงการเลือกใช้อินโฟลิกที่มีลักษณะที่ไม่เหมือนหรือคล้ายคลึงกับแนวคิด เป้าหมายอาจทำให้นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงอินโฟลิกไปยังแนวคิดเป้าหมายได้ และยัง สอดคล้องกับ English and Halford (1995) ที่ได้กล่าวถึงข้อควรระวังในการใช้เทคนิค อุปมาอุปไมย เกี่ยวกับการใช้อินโฟลิกควรมีลักษณะความชัดเจน เพื่อเชื่อมโยงไปสู่แนวคิด เป้าหมายได้ถูกต้อง นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับ สมฤทัย สังขคราม (2553) ที่ใช้เทคนิค อุปมาอุปไมยในเรื่อง พันธะเคมี กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งพบว่าการใช้เทคนิค อุปมาอุปไมยควรเลือกใช้อินโฟลิกที่นักเรียนมีความคุ้นเคย และ**แนวทางที่ 3** ในการใช้เทคนิค อุปมาอุปไมย ครูควรอธิบายเน้นย้ำเกี่ยวกับความเหมือน และความแตกต่างของอินโฟลิกและ เป้าหมาย ข้อค้นพบนี้สอดคล้องกับชาตรี ฝ่ายคำตา (2551 B) ที่กล่าวว่า การที่ครูที่ไม่ได้เน้น ให้นักเรียนเห็นว่าอินโฟลิกและแนวคิดเป้าหมายมีสิ่งที่เหมือนกันแล้วยังมีสิ่งที่แตกต่างกันด้วย จะทำให้นักเรียนเกิดความสับสนในแนวคิดวิทยาศาสตร์ และยังสอดคล้องกับวิทยา ภาสิน (2553) ที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงแนวคิด เรื่อง สมดุลเคมี กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ ใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้การเปรียบเทียบที่พบว่า หากไม่ตระหนักถึงการเปรียบเทียบความ เหมือน และความแตกต่างระหว่างอินโฟลิกกับแนวคิดเป้าหมายอาจทำให้เกิดแนวคิด คลาดเคลื่อนจากแนวคิดเป้าหมาย สำหรับผลการวิจัยตาม **แนวทางที่ 4** ที่พบว่า ครูควรจัด กิจกรรมให้นักเรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับอินโฟลิก ข้อค้นพบที่ได้นี้สอดคล้องกับ สุจินต์ เลี้ยงจรรยา รัตน์ (2543) ที่ทำการศึกษาค้นคว้าของจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ต่อการพัฒนาแนวคิดของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง พลังงานกับชีวิต และเครื่องใช้ไฟฟ้า ภายในบ้าน และพบว่า กิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ทดลองจริงสามารถ พัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ นอกจากนี้ผลจากการวิจัยยังพบ **แนวทางที่ 5** คือ เทคนิคอุปมาอุปไมย เพียงอย่างเดียวอาจ ไม่เหมาะกับการสอนแนวคิด วิทยาศาสตร์ที่ซับซ้อน และเป็นกระบวนการ ซึ่งสอดคล้องกับ Harrison and Treagust (2006) ที่พบว่าการใช้เทคนิค อุปมาอุปไมยไม่เหมาะสมกับแนวคิดที่มีความซับซ้อนหรือเป็นกระบวนการ เช่น เรื่อง โมเลกุล การแพร่ และอณูภาค ดังนั้นผู้วิจัยจึงเสนอแนะว่าครูควรใช้เทคนิคอุปมาอุปไมยร่วมกับเทคนิค อื่นๆ ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับสอนแนวคิดที่ซับซ้อน และเป็นกระบวนการ เช่น การใช้สื่อภาพเคลื่อนไหว เกมสื่ภาพเคลื่อนไหวประกอบด้วย

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่องการพัฒนาแนวคิดเรื่องยีนและโครโมโซมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎี การสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย เป็นงานวิจัยเชิงปฏิบัติการ ซึ่งมีวัตถุประสงค์ 2 ข้อ คือ 1) เพื่อศึกษาแนวคิดเรื่องยีนและโครโมโซมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมยและ 2) เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย ที่ช่วยให้ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องยีนและโครโมโซม

สรุปวิธีการดำเนินการวิจัย

1. คำถามวิจัย

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีแนวคิดเรื่องยีนและโครโมโซมอย่างไร หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย
2. การจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย ควรมีแนวทางการจัดอย่างไร ที่ช่วยให้ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องยีนและโครโมโซม

2. สถานที่ดำเนินการวิจัย

โรงเรียนช่อมาลีวิทยา (นามสมมติ) ซึ่งเป็นโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่แห่งหนึ่ง (จำนวนนักเรียนทั้งหมดประมาณ 1,700 คน) สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 6

3. กลุ่มที่ศึกษา

กลุ่มที่ศึกษาในงานวิจัยนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 40 คน เป็นนักเรียนชาย 10 คน นักเรียนหญิง 30 คน ที่เรียนรายวิชาชีววิทยา

เพิ่มเติม เรื่องยีนและโครโมโซมในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2554 ของโรงเรียนหอมาลีวิทยา (นามสมมติ) ซึ่งเป็นโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่แห่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา มัธยมศึกษาเขต 6

4. รูปแบบการวิจัย: การวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research)

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ซึ่งผู้วิจัยในฐานะครูผู้สอนวิชา ชีววิทยาพื้นฐาน และชีววิทยาเพิ่มเติม ประสบปัญหาในการจัดการเรียนการสอนรายวิชา ชีววิทยาเพิ่มเติม โดยพบว่านักเรียนที่ผู้วิจัยสอนผ่านมามีแนวคิดคลาดเคลื่อนมากในหน่วยการ เรียนรู้เรื่อง ยีนและโครโมโซม ดังนั้น ผู้วิจัยในฐานะครูจึงต้องการแก้ไขปัญหาและพัฒนาการ สอนของตนเองในเรื่องดังกล่าว โดยได้นำการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วย ตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมยมาใช้ เพื่อสอนให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เกิดแนวคิด วิทยาศาสตร์ ในเรื่องยีนและโครโมโซม นอกจากนี้ผู้วิจัยยังต้องการค้นหาแนวทางในการจัดการ เรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย ที่ช่วยให้นักเรียน มีแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องยีนและโครโมโซม ซึ่งสอดคล้องกับหลักการของการวิจัยเชิง ปฏิบัติการ ที่ผู้ปฏิบัติประสบปัญหาเกี่ยวเนื่องกับงานที่ปฏิบัติและมีความต้องการแก้ไข้ปัญหา และพัฒนาการปฏิบัติงานของตนเองให้ดียิ่งขึ้น ด้วยเหตุนี้งานวิจัยนี้จึงดำเนินการตามหลักการ และขั้นตอนของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ ตามแนวคิดของ Kemmis และ McTaggart (1998) โดยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 4 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นวางแผน (Plan) 2) ขั้นปฏิบัติตามแผน (Act) 3) ขั้นสังเกต (Observe) และ 4) ขั้นสะท้อนการปฏิบัติ (Reflect) โดยแต่ละขั้นตอนจะ ดำเนินการต่อเนื่องกันไปเป็นวงจรที่เรียกว่าวงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research Spiral) หรือที่ สุวิมล ว่องวานิช (2543) เรียกว่า วงจร PAOR โดย P ย่อมาจาก Plan A ย่อมา จาก Act O ย่อมาจาก Observe และ R ย่อมาจาก Reflect โดยรายละเอียดของการปฏิบัติในแต่ละ ขั้นตอนผู้วิจัยได้อธิบายไว้ในบทที่ 3

5. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย การเก็บรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง ยีนและโครโมโซม

เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง ยีนและโครโมโซมของ นักเรียน คือ แผนการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิค อุปมาอุปไมย จำนวน 7 แผน ครอบคลุมแนวคิดหลัก 5 แนวคิด คือ 1) ความสัมพันธ์ระหว่าง ยีนและโครโมโซม 2) โครโมโซม 3) โครงสร้างดีเอ็นเอ 4) องค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ

และ 5) สมบัติของสารพันธุกรรมใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ 4 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 แผน
แผนละ 2 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที รวมทั้งสิ้น 14 คาบเรียน

5.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 1

เครื่องมือที่ใช้ในการวัดแนวคิดของนักเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตาม
ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย คือ แบบวัดแนวคิดเรื่อง ยีน
และโครโมโซม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งครอบคลุมแนวคิดหลัก 5 แนวคิด คือ
1) ความสัมพันธ์ระหว่างยีนและโครโมโซม 2) โครโมโซม 3) โครงสร้างดีเอ็นเอ
4) องค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ และ 5) สมบัติของสารพันธุกรรม ซึ่งแบบวัดแนวคิดนี้
เป็นคำถามปลายเปิด จำนวน 5 ฉบับ จำนวน 15 ข้อ โดยแต่ละฉบับวัดแนวคิดหลัก 1-2
แนวคิด ผู้วิจัยสร้างแบบวัดขึ้นโดยปรับปรุงมาจากแบบวัดแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พันธุศาสตร์โมเลกุล ของ พิศเนตร อุทัยไชย (2553) และ
แบบสำรวจแนวคิดเรื่องพันธุศาสตร์ ของนักเรียนเตรียมทหาร และ จิตตินันท์ สาตะนิมิ
(2550)

5.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 1

ผู้วิจัยเตรียมความพร้อมก่อนการใช้แบบวัดแนวคิดแต่ละฉบับโดยทำข้อตกลงกับ
นักเรียนเกี่ยวกับเวลาที่ใช้ในการทำแบบวัดแนวคิด ชี้แจงวัตถุประสงค์ของแบบวัดแนวคิด
อธิบายคำชี้แจงเพื่อให้นักเรียนเห็นถึงความสำคัญของการทำแบบวัด และสร้างความไว้วางใจแก่
นักเรียนว่าจะไม่มีการเปิดเผยข้อมูลของนักเรียน เพื่อให้ให้นักเรียนตอบแบบวัดแนวคิดอย่างเต็ม
ความสามารถ เมื่อนักเรียนทำแบบวัดแนวคิดเสร็จแล้ว ผู้วิจัยตรวจสอบความครบถ้วนของ
ข้อมูลในการตอบแบบวัดแนวคิดของนักเรียนอีกครั้ง จากนั้นกล่าวขอบคุณนักเรียนด้วยความ
จริงใจ โดยรายละเอียดของการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบวัดแนวคิดแต่ละฉบับแสดงใน
ตารางที่ 3.6 บทที่ 3

5.4 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 1

ผู้วิจัยนำคำตอบที่ได้จากแบบวัดแนวคิดเรื่องยีนและโครโมโซม ของนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎี การสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง
ร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย ทั้ง 5 ฉบับมาวิเคราะห์คำตอบรายข้อ โดยอ่านคำตอบของนักเรียน
ทุกคนทีละข้ออย่างละเอียด และจัดแบ่งกลุ่มคำตอบของนักเรียน โดยใช้กรอบแนวคิดของ อาทิต
ยา จิตรเอื้อเฟื้อ (2553) ที่ปรับปรุงจาก Haidar (1997) ซึ่งจัดแบ่งกลุ่มแนวคิดเป็น 5 กลุ่ม

ดังนี้ 1) แนวคิดวิทยาศาสตร์ (Scientific Conception: SC) หมายถึง คำตอบที่แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมด 2) แนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (Partial Conception: PC) หมายถึง คำตอบที่อย่างน้อยหนึ่งองค์ประกอบเป็นไปตามแนวทางวิทยาศาสตร์ ส่วนองค์ประกอบอื่นๆ ไม่กล่าวถึง 3) แนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Conception and Complete Misconception: PC&CM) หมายถึง คำตอบที่บางองค์ประกอบมีแนวคิดถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และบางองค์ประกอบมีแนวคิดไม่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ 4) แนวคิดคลาดเคลื่อน (Complete Misconception: CM) หมายถึง คำตอบที่ไม่ถูกต้องตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ และ 5) ไม่มีแนวคิด (No Response: NR) หมายถึง คำตอบที่ไม่เกี่ยวข้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ในเรื่องที่ถาม หรือตอบว่าไม่ทราบ ไม่รู้ หรือไม่ตอบคำถาม

5.5 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 2

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 2 ประกอบด้วย 1) บันทึกหลังสอนของครู 2) วิดีทัศน์การสอนของครู และ 3) อนุทินของนักเรียน

5.6 การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 2

ผู้วิจัยใช้บันทึกหลังสอน วิดีทัศน์การสอน และอนุทินของนักเรียน ดังนี้ ก่อนการจัดการเรียนการสอนในแต่ละคาบ ผู้วิจัยเตรียมกล้องถ่ายวีดีทัศน์ และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องต่างๆ ให้พร้อม เพื่อบันทึกการจัดการเรียนการสอนของตนเองตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย เมื่อเริ่มสอนทำการบันทึกการสอนของตนเอง หลังจากสอนเสร็จ ผู้วิจัยให้เวลานักเรียนเขียนอนุทินตามประเด็นที่กำหนด และให้นักเรียนส่งอนุทินก่อนหมดคาบเรียน หรือเป็นการบ้าน และเมื่อหมดคาบเรียน ผู้วิจัยเขียนบันทึกหลังสอนตามกรอบแนวคิดที่สร้างขึ้นทันทีเพื่อมิให้หลงลืมประเด็นสำคัญ จากนั้นผู้วิจัยนำวีดีทัศน์ที่บันทึกการสอนของตนเองที่ผ่านมา กลับมาย้อนดูอีกครั้ง และบันทึกหลังสอนเพิ่มเติม ผู้วิจัยตรวจสอบความครอบคลุมของการบันทึกหลังสอนตามกรอบแนวคิดและประเด็นที่กำหนดอีกครั้ง จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ข้อมูล

5.7 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 2

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากบันทึกหลังสอน วิดีทัศน์การสอน และอนุทินของนักเรียน โดยใช้วิธีวิเคราะห์ข้อมูลแบบอุปนัย (Inductive analysis) (ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์, 2554) โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ละแผนก่อน

จากนั้นจึงนำข้อความรู้ที่ได้จากแต่ละแผนมาวิเคราะห์ร่วมกันเพื่อสรุปเป็นข้อความรู้ที่ได้จากแผนทั้งหมดอีกครั้งหนึ่ง

สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยเพื่อศึกษาแนวคิดเรื่องยีนและโครโมโซมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย และแนวทาง ในการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมยที่ช่วยพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องยีนและโครโมโซมของนักเรียนสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. คำถามวิจัยข้อที่ 1 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีแนวคิดเรื่องยีนและโครโมโซมอย่างไร หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย

จากผลการวิจัยพบว่าหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมยนักเรียน ส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) ในเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างยีนและโครโมโซม รูปร่างและลักษณะของโครโมโซม องค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ และโคดอน ส่วนเรื่อง โครงสร้างดีเอ็นเอ และการถอดรหัส พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ (PC) และจากการวิจัยยังพบว่า ไม่มีนักเรียนคนใดที่ไม่มีแนวคิด (NR) อย่างไรก็ตาม หลังจากเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมยในเรื่องยีนและโครโมโซมแล้วพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ยังคงมีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) ในเรื่องส่วนประกอบของโครโมโซม การจำลองดีเอ็นเอ และการแปลรหัส

2. คำถามวิจัยข้อที่ 2 การจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย ควรมี แนวทาง การจัดอย่างไร ที่ช่วยให้นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องยีนและโครโมโซม

จากผลการวิจัยจำแนกตามกรอบแนวคิดตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมยพบว่า

2.1 กรอบแนวคิดที่ 1 การนำเอาความรู้เดิมของผู้เรียนในเรื่องที่สอนมาใช้เป็นแนวทางในการสร้างองค์ความรู้ใหม่

ควรมีแนวทางดังนี้

- 1) ในขั้นนำ ครูควรใช้คำถามที่ครอบคลุมความรู้เดิม และความรู้พื้นฐานที่จำเป็นในการสร้างองค์ความรู้ใหม่
- 2) ในขั้นนำ ครูควรมีสื่อประกอบการใช้คำถามเพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียน
- 3) การที่ครูให้นักเรียนวาดภาพประกอบการอธิบายความรู้เดิมของนักเรียนในแนวคิดที่เป็นนามธรรมอาจช่วยให้ครูทราบความรู้เดิมของนักเรียนมากขึ้น
- 4) ในขั้นสอน ครูควรจัดกิจกรรมที่ช่วยให้นักเรียนเห็นหลักฐานของแนวคิดที่ถูกต้องทางวิทยาศาสตร์เพื่อช่วยนักเรียนในการสร้างความรู้ใหม่

2.2 กรอบแนวคิดที่ 2 การให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรม กับครู หรือการมีปฏิสัมพันธ์กันเองระหว่างผู้เรียนเพื่อแสวงหาองค์ความรู้ใหม่

ควรมีแนวทาง ดังนี้

- 1) การส่งเสริมการอภิปรายของนักเรียนในกลุ่ม ครูควรจัดสื่อหรืออุปกรณ์กลางของกลุ่ม และควรมีเทคนิคที่กระตุ้นการอภิปรายของนักเรียนในกลุ่ม
- 2) ในกิจกรรมชั้นสอนที่ครูใช้เทคนิคอุปมาอุปไมยมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ครูจะต้องอภิปรายกับนักเรียนจนเกิดความเข้าใจว่าอุปกรณ์ (อนาล็อก) แต่ละอย่างนั้นแทนอะไรในแนวคิดหลัก (เป้าหมาย) รวมทั้งความเหมือนและความต่างระหว่างตัวอนาล็อกกับเป้าหมาย
- 3) ในขั้นสอน ครูควรอธิบายวิธีทำกิจกรรมร่วมกับนักเรียนก่อนทำกิจกรรม
- 4) ในการส่งเสริมการมีปฏิสัมพันธ์ กับกิจกรรม กับครู หรือการมีปฏิสัมพันธ์กันเองระหว่างผู้เรียน ครูควรให้แรงเสริมทางบวก เพื่อให้นักเรียนเกิดความมั่นใจในการแสดงความคิดเห็น การทำกิจกรรม และการอภิปรายผล

5) ในชั้นสอน ครูควรใช้กิจกรรมที่เน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติอย่างหลากหลาย

2.3 กรอบแนวคิดที่ 3 การที่ผู้สอนมีบทบาทเป็นผู้เสนอแนะและผู้จัด ประสบการณ์ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง

ควรมีแนวทางดังนี้

1) ครูควรเน้นย้ำให้นักเรียนทราบจุดประสงค์ของกิจกรรมทั้งก่อนทำกิจกรรมระหว่างทำกิจกรรม และก่อนการอภิปรายผล

2) ครูควรอภิปรายคำถามที่นักเรียนหลายกลุ่มมักถามร่วมกันทั้งห้อง และบางคำถามครูควรส่งเสริมให้นักเรียนหาคำตอบด้วยตนเองแทนที่จะรอคอยคำตอบจากครู

2.4 กรอบแนวคิดที่ 4 การสร้างความหมายจากการอภิปรายแสดงความ คิดเห็นกลุ่มใหญ่

ควรมีแนวทางดังนี้

1) การนำเสนอและอภิปรายผลของกิจกรรม ครูควรเลือกกลุ่มที่มีผลการทำกิจกรรมน่าสนใจและเป็นตัวแทนห้องเพื่อลดเวลาในการนำเสนอและช่วยให้นักเรียนไม่เกิดความเบื่อหน่าย

2) การใช้คำถามในการอภิปรายครูควรถามคำถามโดยเรียงลำดับจากง่ายไปยากเพื่อให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงการปฏิบัติไปสู่แนวคิดวิทยาศาสตร์ได้

3) ในการอภิปรายเชื่อมโยงความรู้เดิมและความรู้ใหม่ ครูควรมีการชี้ให้นักเรียนเปรียบเทียบความรู้เดิมของตนเองก่อนกับผลที่ได้จากการทำกิจกรรมเพื่อสร้างความรู้ใหม่

4) ในชั้นสรุป ครูควรมีเทคนิคที่ช่วยนักเรียนในการสรุปเรื่องที่ได้เรียนรู้

2.5 กรอบแนวคิดที่ 5 การใช้เทคนิคอุปมาอุปไมย

ควรมีแนวทางดังนี้

- 1) ครูควรเลือกใช้สื่อและอุปกรณ์การสอนให้เหมาะสมกับเวลาและกิจกรรม
- 2) ครูควรใช้อะนาล็อกที่นักเรียนคุ้นเคย
- 3) ครูควรมีการอธิบายเน้นย้ำความเหมือนและความแตกต่างของ อนาล็อกและ เป้าหมาย
- 4) ครูควรจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับอนาล็อก
5. เทคนิคอุปมาอุปไมยอาจไม่เหมาะกับการสอนแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่ซับซ้อน

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย

1.1 ในการจัดกิจกรรม การเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ครูควรใช้เทคนิคในการสำรวจความรู้พื้นฐานและดึงความรู้เดิมของนักเรียนในเรื่อง ยีนและโครโมโซม ที่เหมาะสมกับเวลาที่มีอยู่อย่างจำกัด

1.2 เนื่องจากการใช้เทคนิคอุปมาอุปไมยต้องใช้อุปกรณ์เพื่อเป็นอนาล็อก ในการเปรียบเทียบกับแนวคิดเป้าหมายครูจึงควรเลือกอุปกรณ์ที่ใช้เป็นอนาล็อก คที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับแนวคิดเป้าหมาย และเป็นสิ่งที่นักเรียนรู้จักคุ้นเคย เพื่อให้นักเรียนไม่เกิดความสับสนในการสร้างแนวคิดเป้าหมาย

1.3 การใช้เทคนิคอุปมาอุปไมยซึ่งต้องมีการปฏิสัมพันธ์กับอุปกรณ์ ในห้องเรียนที่มีนักเรียนจำนวนมาก นักเรียนควรมีประสบการณ์การทำงานกลุ่มในการแบ่งหน้าที่ในการทำกิจกรรม

1.4 ในการวิจัยเชิงปฏิบัติการ ผู้วิจัยจะต้องบันทึกหลังสอนทันที โดยควรบันทึกวิธีทัศน์ในการสอนในหลายมุมมองและควรดูวี ดีทัศน์หลังจบการจัดการเรียนการสอนแต่ละครั้งเพื่อให้สามารถสะท้อนความคิดหลังสอนได้อย่างครอบคลุม นอกจากนี้ยังต้องวิเคราะห์ข้อมูลทันทีเพื่อนำข้อความรู้ที่ค้นพบไปใช้ในการแก้ไขหรือป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาเดิมขึ้นในแผนต่อไป

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 จากการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมยพบว่า ในแนวคิดเรื่อง สมบัติของสารพันธุกรรม นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วน ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับแนวคิดที่มีลักษณะเป็นกระบวนการซับซ้อน หรือควรใช้เทคนิคอุปมาอุปไมยร่วมกับเทคนิคการสอนอื่นๆ เช่น การใช้สื่อภาพเคลื่อนไหว และเกมส์ ภาพเคลื่อนไหว เป็นต้น

2.2 ควรมีการศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมยในด้านอื่นๆ เช่น การพัฒนาการคิดขั้นสูง ไม่ว่าจะเป็นการคิดสร้างสรรค์ การคิดแก้ปัญหา และ การคิดอย่างมีวิจารณ์ ญาณ หรือการพัฒนาเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ เป็นต้น

3. ข้อจำกัดในการวิจัย

การศึกษาแนวทางในการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองเพื่อพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ ควรเพิ่มการเก็บข้อมูลเชิงลึก โดยอาจใช้การสัมภาษณ์ และการมีผู้ช่วยในการสังเกตการสอนและ ร่วมกัน อภิปรายเพื่อสะท้อนการ ปฏิบัติและช่วยเสนอแนะแนวทางในการพัฒนากิจกรรมได้รอบด้านมากยิ่งขึ้น

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. 2549. **คิดเชิงเปรียบเทียบ**. กรุงเทพมหานคร: ชัคเชส มีเดีย

ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์. 2554. **การวิจัยเชิงคุณภาพไม่ยากอย่างที่คิด**. ครั้งที่ 2. นครปฐม: สถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้.

จรัส จันทิพย์. 2552. **การออกแบบการสอนบนเว็บตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ เรื่อง สารอาหาร สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2**. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีการศึกษา, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

จิตตินันท์ สาดะนิมิ. 2550. **การสำรวจแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ของนักเรียนเตรียมทหาร**. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชาตรี ฝ่ายคำตา. 2551 A. “แนวคิดทางเลือกของนักเรียนในวิชาเคมี.” **วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี** 19 (2): 28.

ชาตรี ฝ่ายคำตา. 2551 B. “อุปมาอุปไมย: อีกทางเลือกหนึ่งของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์.” **วารสารวิทยาลัยการฝึกหัดครู**. 2(1): 50-54

ทรัพย์ทวี อภิญญาวาท. 2543. **การใช้เทคนิคแผนผังมโนมิติในการศึกษาการปรับโครงสร้างความรู้และการเปลี่ยนมโนมิติในวิชา “การจัดการทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม” ของนักศึกษาระดับปริญญาตรีวิชาเอกวิทยาศาสตร์ทั่วไป ของนักศึกษาระดับปริญญาตรีวิชาเอกวิทยาศาสตร์ทั่วไป สถาบันราชภัฏนครสวรรค์**. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทัศนา ฉันทนาภิธาน. 2540. **การศึกษาแนวคิดที่คลาดเคลื่อน เรื่อง โมเลกุล ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ กลุ่มโรงเรียนมัธยมศึกษาส่วนกลาง กลุ่มที่ 7**. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทัศนียา รัตนฤทัย, กัญจนา อีระกุล, และ นฤมล ยุตาคม. 2549. “แนวคิดพันธุศาสตร์ของนักเรียนด้อยโอกาสช่วงชั้นที่ 4 ของประเทศไทย.” **วารสารเกษตรศาสตร์ (สังคม)** 27: 234-245.

ทศนา แคมมณี. 2552. **ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ.** (พิมพ์ครั้งที่ 9) กรุงเทพมหานคร: บริษัทด้านสุทธาการพิมพ์ จำกัด, 90-101.

นฤมล ยุตาคม. 2541. **แนวปฏิรูปกระบวนการเรียนรู้: การให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติจริง.** กรุงเทพมหานคร: คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 21-43

นิภาพร เฉลิมฉัตร. 2547. **ผลการใช้โปรแกรมกิจกรรมกลุ่มต่อการพัฒนาแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ และการเห็นคุณค่าในตนเองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนภาษีสุนทรวิทยานุกูล จังหวัดพระนครศรีอยุธยา วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาจิตวิทยาการศึกษาและการแนะแนว, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**

บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์. 2537. **เทคนิคการสร้างเครื่องมือรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิจัย** (พิมพ์ครั้งที่ 4) กรุงเทพมหานคร: บีแอนด์บีพับลิชิ่ง

บุปผชาติ ทัพพิกรณ์. 2542. **เอกสารประกอบการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีศึกษา: กระบวนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนว Constructivism และ Constructionism เรื่อง การเรียนรู้ทักษะใหม่และคอมพิวเตอร์สนับสนุนการเรียนรู้ร่วมกัน., 20-21 พฤศจิกายน 2542. โรงแรมรอยัลเบญจา กรุงเทพมหานคร.**

บุปผชาติ ทัพพิกรณ์. 2551. **การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการเรียนการสอน.** กรุงเทพมหานคร: NECTEC (โครงการเทคโนโลยีสารสนเทศตามพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ)

ประดิษฐ์ เหล่าเนตร. 2547. **โครงการการนำรูปแบบการสอนตามแนว Constructivism (การเรียนรู้จากกลุ่มและการค้นพบ) ไปสร้างและพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนของครูเครือข่ายที่สอนชีววิทยา โรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษาเขต 7 (จ.ปรับปรุง).** กรุงเทพมหานคร.: สำนักมาตรฐานการศึกษาและพัฒนาการเรียนรู้ สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา

- ปรียา นพคุณ. 2545. การพัฒนารูปแบบกระบวนการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวการสร้างองค์ความรู้ในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์ดุสิต สาขาหลักสูตรและการสอน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- เปี่ยมสุข ปรีดี. 2542. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคงทนในการเรียนรู้เรื่อง การดูแลบำรุงรักษาไม้ดอกไม้ประดับ โดยวิธีสอนแบบแก้ปัญหาตามแนวความคิดแบบคอนสตรัคติวิซึม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาคุรุศาสตร์เกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ, พัฒน์ จันทร์โรทัย, กันทิมาณี พันธุ์เขียว, และวรรณทิพา รอดแรง. 2546. “การสำรวจแนวคิดเนื้อหาชีววิทยาของนิสิตนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู Exploring Pre-Service Teachers’ Biology Content Knowledge” . วารสารวิทยาศาสตร์ เกษตรศาสตร์ (สังคม) 24: 133-144.
- พวงเพชร เกตุวีระพงศ์. 2552. การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เพื่อพัฒนาคุณภาพการเรียนการสอน และ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิจัยและสถิติการศึกษา, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- พัชรกร พูลบุญ. 2553. ความคิดเห็นของครูวิทยาศาสตร์ ก่อนประจำการต่อการจัดการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ ของรายวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ ในหลักสูตรศึกษาศาสตรบัณฑิต วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขา วิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- พิศเนตร อุทัยไชย. 2553. การพัฒนาแนวคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง พันธุศาสตร์โมเลกุลด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. 2548. วิธีวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ทั่วไป. กรุงเทพมหานคร.: พัฒนาคุณภาพวิชาการ. 47-49

ไพโรจน์ เต็มเตชาพงศ์. 2550. **การศึกษาการเปลี่ยนแปลงมโนคติของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายเรื่องหน้าที่ของยีนโดยใช้กรอบการตีความหลายมิติ.**

วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์ดุสิตบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน,
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2550. **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45: สาขาศึกษาศาสตร์ สาขาเศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์.** กรุงเทพมหานคร.

เมธา สีหานาท. 2546. **ผลการใช้กิจกรรมการเรียนรู้การสอนตามทฤษฎีการสร้างความรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบการเรียนรู้จากการแก้ปัญหา เรื่อง ตารางธาตุ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.** วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาศึกษาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ราชบัณฑิตยสถาน. 2546. **พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542.**

กรุงเทพมหานคร: นานมีบุ๊คส์พับลิเคชั่นส์

วรรณดี จันทรวงศ์. 2547. **การใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิซึมที่มีต่อแนวคิดเรื่องสารประกอบไฮโดรคาร์บอนของนักศึกษาพยาบาลชั้นปีที่ 1**

มหาวิทยาลัยคริสเตียน. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วรรณทิพา รอดแรงคำ. 2540. **CONSTRUCTIVISM.** กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วรวิภา โสภณสุมาลา. 2552. **การพัฒนาแนวคิดเรื่อง โมล ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการสอนแบบการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองเชิงสังคม.** วิทยานิพนธ์ศิลป-ศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วรัญญา จีระวีพลวรรณ. 2546. **การพัฒนาครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นให้จัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิซึม: กรณีศึกษาโรงเรียนหนึ่งในจังหวัดอุดรธานี.** วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการศึกษาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัฒนาพร ระบุทุกข์. 2545. **เทคนิคและกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2544.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: พริกหวานกราฟฟิค

วิทยา ภาชื่น. 2553. **การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเปรียบเทียบเพื่อส่งเสริมการเปลี่ยนแปลงมโนคติเรื่องสมดุลเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5.** วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ศิริวรรณ ศรีวรรณงษ์. 2553. **ความเข้าใจโมเดลวิทยาศาสตร์ เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เมื่อใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนคติ.** วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยขอนแก่น

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2544. **คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์.** กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

_____. 2552. **หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐาน ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์.** กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

สมฤทัย สังฆคราม. 2553. **รูปแบบการทำความเข้าใจ (MENTAL MODELS) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พันธะเคมี โดยใช้วิธีสอนแบบเปรียบเทียบ (ANALOGY) ตามแนว FOCUS-ACTION-REFLECTION (FAR) GUIDE.** วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยขอนแก่น

สุจินต์ เลี้ยงจรรยาวัณ. 2543. **ผลการใช้กระบวนการเรียนแบบคอนสตรัคติวิซึมและการใช้แฟ้มผลงานในการสอนหัวข้อเรื่อง พลังงานกับชีวิต และเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.** วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สุภางค์ จันทวานิช. 2540. **การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยเชิงคุณภาพ.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุรางค์ โค้วตระกูล. 2550. **จิตวิทยาการศึกษา**. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพมหานคร:
สำนักพิมพ์แห่งมหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์

สุวัฒน์ นิยมคำ. 2531. **ทฤษฎีและทางปฏิบัติในการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหา
ความรู้ เล่ม 1**. กรุงเทพมหานคร: เจเนอรัลบุ๊กส์เซนเตอร์

สุวิทย์ มูลคำ และ อรทัย มูลคำ. 2545. **21 วิธีการเรียนรู้ เพื่อพัฒนากระบวนการคิด**.
กรุงเทพมหานคร: ภาพพิมพ์.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. 2550. **การจัดการเรียนรู้แบบสร้างองค์ความรู้**.
กรุงเทพฯ: ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย

อาทิตยา จิตรเอื้อเฟื้อ, สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์, พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ และสุรเดช ศรีทา.
2553. “การสำรวจแนวคิดก่อนเรียนในเรื่องการตอบสนองของพืชของนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 6.”. **วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์**.
16(4): 630-642

อุษา นาคทอง, อีราพร อนันตะเศรษฐกุล, และ นฤมล ยุตาคม. 2550. “แนวคิดเรื่องเซลล์
และกระบวนการของเซลล์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4. ” **วารสารวิทยาศาสตร์
เกษตรศาสตร์ (สังคม)** 28: 1-10

เอกรัตน์ ศรีตัญญู, นฤมล ยุตาคม, และนุจาร์ ประสิทธิ์พันธ์. 2552. “แนวคิดเรื่องวัสดุของ
นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1-3. ” **วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์
และมนุษยศาสตร์**. 15(3). 437-451

Barker, V. and R. Millar. 2000. “Students’ reasoning about basic chemical
thermodynamics and chemical bonding: what change occurs during a context-
based post-16 chemistry course?” **International Journal of Science Education**.
2(11): 1171-1200

Boyer, B.A and P.A. Samurau. 1995. **A constructivism Approach**. New York: Publish
company.

- Brooks, J. G. and M. Brooks. 1993. **In Search of Understanding: The Case for Constructivist Classrooms**. Virginia: ASCD
- Brown, D.E., and J.Clement. 1989. "Overcomeing misconceptions via analogical reasoning: Abstract transfer versus explanatory model construction." **Instructional Science**. 18: 237-261
- Brown, S. and S.Salter. (2010). Analogies in science and science teaching. **Advances in Psychological Education**. 34(1): 167-169
- Butler, C. et al. 2008. "Genomics Analogy Model for Educators (GAME): Fuzzy DNA Model to Enable the Learning of Gene Sequencing by Visually-Impaired and Bilnd Students." **The Science Education Review**. 7(2)
- Tekkaya, C. 2002. "Misconceptions as barrier to understanding biology." **Hacettepe University Eđitim Fakilltesi Dergisi**. 23: 259-266
- Dikmenli, M. 2009. "Misconceptions of cell division held by student teachers in biology: A drawing analysis." **Scientific Research and Essays**. 5(2), 235-247
- Driver, R., and B. Bell. 1986. "Students' thinking and the learning of science: A constructivist view. " **School Science Review**, 67, 443-456.
- Duit, R. 1991. "On the role of analogies and metaphors in learning science." **Science Education**, 75(6), 649-672.
- English, L. and G. Halford. 1995. "Mathematics education: Models and processes. " Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Ernest, P. 1995. **The one and the many**. In **Steffe, L. and J. Gale. (eds.)**. **Constructivism in education**. NewJersey: Lawrence Erlbaum Associates.

- Garnett, P.J. and D.F. Treagust. 1992. "Conceptual difficulties experienced by senior high school students of electrochemistry: Electric circuits and oxidation-reduction equations." **Journal of Research in Science Teaching**, 29, 121-142
- Genter, D. and S. Brem. 1997. "Analogical Reasoning and Conceptual Change: A Case Study of Johannes Kepler." **The Journal of Learning Science**. 6(1): 3-40
- Gentner, D. 1998. **Analogy In W. Bechtel & Graham (Eds.), A Companion to Cognitive Science**. Oxford: Blackwell.
- Gili, M. A. and R. Stavy. 2000. "Student' cellular and molecular explanations of genetic phenomena ". **Journal of Biology Education** 34(4): 200-206.
- Glynn, S.M., B.K. Britton, M. Semrud-Clikeman, and K. D. Muth. 1989. Analogical reasoning and problem solving in textbooks. In J.A. Glover, R. R. Ronning, & C. R. Reynolds (Eds.), **Handbook of creativity: Assessment, theory, and research**. New York: Plenum.
- Glynn, S.M., R. Duit and R.B. Thiele. 1995. "Teaching Science with Analogies: A Strategy for Constructing Knowledge." **Learning Science in the Schools**. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Glynn, S.M., and T. Takahashi. 1998. "Learning from analogy-enhanced science text." **Journal of Research in Science Teaching**. 35, 1129-1149.
- Glynn, S. 2007. "The Teaching-With-Analogies Model Build Conceptual Bridges with Mental Models" **Science and Children**. April/May. 52-55
- Glynn, S. 2007. "Making Science concepts Meaningful to Students: Teaching with Analogies". **Science and Children**.
- Glynn, S.M. 2007. "Methods and strategies: Teaching with analogies." **Science and Children**, 44(8): 52-55

- Haidar, A.H. and Abraham. 1991. "A Comparison of Applied and Theoretical Knowledge of Concepts Based on the Particulate Nature of Matter." **Journal of Research in Science Teaching**. 28(10): 919-938.
- Haidar, A.H. 1997. "Prospective Chemistry Teachers' Conceptions of the Conversation of Matter and Related Concepts." **Journal of Research in Science Teaching**. 34(2), 181-197
- Harrison, A.G. and D.F. Treagust. 1993. "Teaching with Analogies: A Case Study in Grade-10 Optics." **Journal of Research in Science Teaching**. 30 (10): 1291-1307
- Halpem, D. F., C. Hansen and D. Riefer. 1990. Analogies as an aid to understanding and memory. **Journal of Educational Psychology**. 82. 298-305.
- Harrison, A.G. and D.F. Treagust. 2000. "Learning about atoms, molecules, and chemical bonds: A case study of multiple-model use in grade-11 chemistry." **Science Education**. 84, 352-381.
- Harrison A. G. and D. F. Treagust. 2006. "Teaching and Learning with Analogies." **Metaphor and Analogy in Science Education**. 30, 11-24
- Harrison A. G., G. Cool and K. Ichard. 2008. **Using Analogies Science in Middle and Secondary Classrooms**. United States of America.: Corwin Press
- Hassan H. Z. 1984. Teaching scientific analogies: A proposed model. **Research in Science and Technology Education**. 2: 107-125.
- Hewson, P.W. 1992. **Conceptual Change in Science Teaching and Teacher Education**. Paper Presented at a Meeting of the National Centre for Science Education Research, Documentation, and Assessment: Madrid, Spain

Iding, K. M. 1997. "How analogy foster Learning from science texts." **Instructional Science**. 25: 233-253.

Johnson, R.T. and D. W. Johnson. 1994. **An overview of cooperative lesrning**. In J. S. Thousand, R. A. Villa & A.I. Nevein (Eds), **Creativity and collaborative learning (pp. 31-34)** Baltimore. Maryland: Paul H. Brookes Publishing Co.

Japin ,P. 2010. Enhancing the Chemistry Teachers' Teaching Practices based on the Constructivist Approach Through Collaborative Action Research. **Doctor of Philosophy (Science Education) Thesis**, Kasetsart University.

Kemmis, S. and M. Wilkinson. 1998. "Participatory action research and the study of practice." In B. Atweh, S. Kemmis and P. Weeks. (eds). **Action Research in Practice: Partnerships for Social Justice in Education**. London: Routledge, 21-36.

Lawson, A.E. and L.D. Thomson. 1988. "Formal Reasoning Ability and Misconceptions Concerning Genetics and Natural Selection". **Journal of Research in Science Teaching**. 25 (December 1988): 733-746.

Lewis, J., Leach, J., and Wood-Robinson. 2000. "Chromosome: the misslink-young people's understanding of mitosis, meiosis, and fertilization." **Journal of biological education**. 34(4): 189-199

Marshall, C. and G. B. Rossman. 2006. **Designing Qualitative Research**. 4th ed. California: Sage Publications.

Mastrilli, T. 1997. "Instructional Analogies Used by Biology Teachers: Implications for Practice and Teacher Preparation." **Journal of Science Teacher Education**. 8(3), 187-204

Merriam, S.B. 1988. **Case study research in education**. San Francisco: Jossey-Bass.

- Mertens, T. and Walker J. 1992. "A Paper-&-Pencil Strategy for Teaching Mitosis & Meiosis, Diagnosing Learning Problems & Predicting Examination Performance." **The American Biology Teacher**, 54(2), 470
- Mungsing, W. 1993. **Students' Alternative Conceptions about Genetics and The Use of Teaching Strategies for Conceptual Change**. Thesis of Doctor of Philosophy (Science Education), University of Alberta.
- Novak, J.D. and D.B.Gowin. 1984 . **Learning how to learn**. New York: Cambridge University Press.
- Oliva, J. M. 2005. What professional knowledge should we as physics teachers have about the use of analogies? **Journal of Physics Teacher Education Online**. 3(1), 11-16.
- Osborn, R. and P. Freyberg. 1985. **Learning in Science: The Implications of Children's Science**. Hong Kong: Heinmann
- Paris, N.A. and S.M. Glynn. 2004. "Elaborate analogies in science text. Tool for enhancing preservice teachers' knowledge and attitudes." **Contemporary Educational Psychology**, 29: 230-247
- Posner, G.J., K.A. Striker, P.W. Hewson, and W.A. Gertzog. 1982. "Accommodation of a Scientific Conceptions: Toward a Theory of Conceptual Change." **Science Education**. 66: 211-227
- Richardson, V. 2003. Constructivist Pedagogy. **Teachers College Record**. 105 (9): 1623-1640
- Rothhaar R., B. Pittendrigh and K. Orvis 2006. "The Lego analogy model for teaching gene sequencing and biotechnology." **The Journal of Biological Education**. 40(4): 166-171

- Shepason Daniel P., L. Schellenberger, M. Priddy, B. Wee, and J. Harbor. 2007. "What Is a Watershed? Implications of Student Conceptions for Environmental Science Education and the National Science Education Standards." **Science Education**. 91: 554-578
- Simpson, W. D. and E. A. Marek. 1988. "Understanding and misconceptions of biology concepts held by students attending small high schools and students attending large high schools" **Journal of Research in Science Teaching**. 25: 361-374
- Treagust, D., A. Harrison and G. Venville. 1998. "Teaching science effectively with analogies: An approach for preservice and inservice teacher education." **Journal of Science Teacher Education**. 9(2), 85-101
- Tytler, R. 2002. "Teaching for understanding in science: Constructivist/conceptual change teaching approaches." **Australian Science Teachers Journal**. 48 (4): 30-35.
- Venville, G.L. and D.F. Treagust. 1994. "Exploring Conceptual Change in Genetics Using a Multidimensional Interpretive Framework." **Journal of Research in Science Teaching**. 35(9): 1031-1055.
- Westbrook, S.L. and E. A. Marek. 1992. "A Cross-Age Study of Student Understanding of Concept of Homeostasis". **Journal of Research in Science Teaching** 29 (January): 51-61
- White, R. T. and R.G. Gunstone. 1993. **Probing Understandin**. London: Falmer.



ภาคผนวก



รายนามผู้เชี่ยวชาญ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้ เสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญ 2 ท่าน ที่กรุณาเสียสละเวลาให้คำปรึกษา คำแนะนำ เกี่ยวกับเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย และกิจกรรมการเรียนรู้ จนได้เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ คือ

1. ผศ.ดร. พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ
ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2. นางวงเดือน ธัญญะประกอบ
ข้าราชการครูเกษียณ ครู ค .ศ. 3



ภาคผนวก ข
ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับการอุปมาอุปไมย

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5

กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ รายวิชา ชีววิทยาเพิ่มเติม รหัสวิชา ว		40245
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่	1	ปีการศึกษา 2554
หน่วยที่ 17 ยีนและโครโมโซม เรื่อง	การจำลอง DNA (Replication)	เวลา 2 คาบ
(		100 นาที)

มาตรฐานการเรียนรู้

สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การใช้เทคโนโลยีชีวภาพที่มีผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายตรวจสอบได้ ภายข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในเวลานั้นๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคมและสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น

1. สืบค้นข้อมูลอภิปรายและอธิบายกระบวนการถ่ายทอดสารพันธุกรรม การเกิดมิวเทชัน และการเกิดความหลากหลายทางชีวภาพ

2. ตั้งคำถามที่อยู่บนพื้นฐานของความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ หรือความสนใจ หรือจากประเด็นที่เกิดขึ้นในขณะนั้น ที่สามารถทำการสำรวจตรวจสอบหรือศึกษาค้นคว้าอย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้

3. สร้างสมมติฐานที่มีทฤษฎีรองรับ หรือคาดการณ์สิ่งที่จะพบ หรือสร้างแบบจำลอง หรือสร้างรูปแบบเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ

ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

1. สืบค้นข้อมูล และอธิบายการจำลอง DNA (Replication) ได้ (ว 1.2-1)

จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้ (Knowledge)

1. อธิบายขั้นตอนการจำลอง DNA ได้

ด้านกระบวนการเรียนรู้/ทักษะกระบวนการ (Process)

2. เรียงลำดับขั้นตอนการจำลอง DNA

ด้านคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม คุณลักษณะอันพึงประสงค์ (Attitude)

3. ใฝ่เรียนรู้
4. ทำงานเป็นกลุ่ม

แนวคิด

การจำลอง DNA (Replication)

การจำลอง DNA (Replication) เป็นการสังเคราะห์ดีเอ็นเอสายใหม่จากดีเอ็นเอสายเดิม ในทิศทางที่สวนทางกัน โดยเริ่มจาก

1. เอนไซม์ Helicase ทำหน้าที่คลายเกลียวสาย DNA
2. โปรตีน Single stand DNA binding protein ทำหน้าที่ ยึดสาย DNA ที่ถูกคลายเกลียวไว้
3. เอนไซม์ Primase สร้าง RNA สำหรับเป็นสายเริ่มต้น (primer) ทำหน้าที่ให้มีการสังเคราะห์ DNA ต่อไปได้ เพราะ DNA polymerase ไม่สามารถเริ่มต้นการสังเคราะห์เองได้
4. เอนไซม์ DNA polymerase ทำหน้าที่นำดีออกซีนิวคลีโอไทด์มาเข้าคู่กับสาย DNA ต่อจากสายเริ่มต้นและต่อดีออกซีนิวคลีโอไทด์แต่ละ โมเลกุลเข้าด้วยกัน
5. เอนไซม์ Ligase เชื่อมสาย Okasaki fragment ทำหน้าที่เข้าด้วยกันจนเป็นสาย Lagging strand

Lagging strand เป็นสายที่มีการสังเคราะห์ DNA ไม่ต่อเนื่องทั้งสาย จึงต้องใช้เอนไซม์ ligase ในการเชื่อม DNA สายสั้นๆ (Okasaki fragment) ให้เป็นสายเดียว

ผลผลิตที่ได้จากการสังเคราะห์ DNA เกิด DNA 2 สาย ได้แก่

1. Leading strand เป็นสายที่มีการสังเคราะห์ DNA ต่อเนื่องทั้งสาย
2. Lagging strand เป็นสายที่มีการสังเคราะห์ DNA ไม่ต่อเนื่องทั้งสาย จึงต้องใช้เอนไซม์ ligase ในการเชื่อมดีเอ็นเอสายสั้นๆ (Okasaki fragment) ให้เป็นสายเดียว

กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นนำ (15 นาที)

1. ครูนำเข้าสู่กิจกรรมที่ 5.1 สืบหาความรู้เดิมเรื่อง การจำลอง DNA โดยแสดงภาพโครโมโซมที่มี 2 sister chromatid จากนั้นร่วมกันอภิปรายที่มาของ sister chromatid โดยใช้คำถามดังนี้

- “chromatid เกิดขึ้นได้อย่างไร” (เกิดจาก DNA มาคั่นแน่น)
- “sister chromatid คืออะไร” (คือ chromatid ที่เหมือนกัน)
- “sister chromatid เกิดขึ้นได้อย่างไร” (DNA เกิดการจำลองตัวเองขึ้นมาอีกชุดหนึ่งในการแบ่งเซลล์ระยะ interphase)
- “DNA จำลองตัวเองได้อย่างไร” (ตอบตามความเข้าใจ)

2. นักเรียนทำกิจกรรมที่ 5.1 ในช่อง สิ่งที่ฉันรู้แล้วเกี่ยวกับการจำลอง DNA และสิ่งที่ฉันต้องการรู้เกี่ยวกับการจำลอง DNA

3. ครูนำอภิปรายโดยใช้สิ่งที่นักเรียนอยากรู้ในกิจกรรมที่ 5.1 จากการอภิปรายควรได้ข้อสรุปเกี่ยวกับ การจำลอง DNA ต้องมีสารตั้งต้น สารที่ช่วยให้เกิดการจำลอง DNA และขั้นตอนการจำลอง DNA ตามความเข้าใจของนักเรียน

4. ครูนำเข้าสู่กิจกรรมที่ 5.2 เรื่อง การจำลอง DNA โดยท้าทายให้นักเรียนหาคำตอบจากสิ่งที่นักเรียนอยากรู้ในกิจกรรมที่ 5.1 ในช่องอยากรู้

ขั้นสอน (55 นาที)

5. นักเรียนและครูอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับจุดประสงค์ อุปกรณ์และวิธีทำกิจกรรมที่ 5.2

6. นักเรียนทำกิจกรรมที่ 5.2 และตอบคำถามท้ายกิจกรรม

7. นักเรียน 2-3 กลุ่มนำเสนอผลการทำกิจกรรมที่ 5.2 เพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้โดยใช้ภาพถ่ายขั้นตอนการจำลอง DNA ของกลุ่มตนเอง

8. ครูนำอภิปรายโดยใช้คำถามท้ายกิจกรรมที่ 5.2 ตอนที่ 1 และจากการอภิปราย ควรได้ข้อสรุปเกี่ยวกับ รูปแบบของการจำลอง DNA เอนไซม์และโปรตีนที่ใช้ ขั้นตอนการจำลอง DNA สาย DNA ที่เกิดขึ้นใหม่ (Leading stand และ Lagging stand) และความแตกต่างของสาย DNA 2 สาย ที่เกิดขึ้นใหม่ ทั้งสองสาย

9. นักเรียนชมวิดิทัศน์ขั้นตอนการจำลอง DNA เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ชัดเจนขึ้น

10. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายจากการชมวิดิทัศน์การจำลอง DNA จนได้ข้อสรุปเกี่ยวกับการจำลอง DNA ต้องมีสารตั้งต้น เอนไซม์ที่ช่วยในการจำลอง DNA และขั้นตอนการจำลอง DNA

ขั้นสรุป (20 นาที)

11. ครุณำนักเรียนทำกิจกรรมที่ 5.1 เรื่อง สำรวจความรู้เดิมเรื่อง การจำลอง DNA ในช่อง สิ่ง
นั้นได้เรียนรู้เกี่ยวกับการจำลอง DNA

12. ครุณาอภิปรายเพื่อสรุปคำตอบในช่องสิ่งที่ได้เรียนรู้เกี่ยวกับการจำลอง DNA

สื่อและอุปกรณ์

1. ใบกิจกรรมที่ 5.1 เรื่อง สำรวจความรู้เดิมเรื่อง การจำลอง DNA (Replication)
2. ใบกิจกรรมที่ 5.2 เรื่อง การจำลอง DNA (DNA Replication)

วิธีการวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (Knowledge) 1. อธิบายขั้นตอนการจำลอง DNA ได้ ด้านกระบวนการเรียนรู้/ทักษะกระบวนการ (Process) 2. ขั้นตอนการจำลอง DNA ด้านคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม คุณลักษณะอันพึงประสงค์ (Attitude) 3. ใฝ่เรียนรู้ 4. ทำงานเป็นกลุ่ม	- ตรวจคำตอบในแบบบันทึกท้ายกิจกรรมที่ 5.2 - ตรวจคำตอบในแบบบันทึกท้ายกิจกรรมที่ 5.2 - ให้คะแนนตามแบบสังเกตคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- แบบบันทึกกิจกรรมที่ 5.2 ข้อ 1-2 - แบบบันทึกกิจกรรมที่ 5.2 ข้อ 1-2 แบบสังเกตคุณลักษณะอันพึงประสงค์	0 คะแนนเมื่อตอบผิด 1 คะแนนเมื่อตอบถูก 0 คะแนนเมื่อตอบผิด 1 คะแนนเมื่อตอบถูก 0 คะแนนเมื่อแสดงคุณลักษณะนั้น 1 คะแนนเมื่อไม่แสดงคุณลักษณะนั้น

แบบสังเกตคุณสมบัติอันพึงประสงค์

เรื่อง

วันที่สังเกต ผู้สังเกต

ชื่อกลุ่ม/ชื่อ นักเรียน	1. ใฝ่เรียนรู้					2. ทำงานร่วมกัน				
	1.1	1.2	รวม	ผ่าน	ไม่ผ่าน	2.1	2.2	รวม	ผ่าน	ไม่ผ่าน

ใฝ่เรียนรู้

- ตั้งใจเพียรพยายามในการเรียนและเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้
- แสวงหาความรู้จากแหล่งเรียนรู้ต่างๆทั้งภายในและภายนอกตารางเรียนด้วยการเลือกใช้สื่อ

ทำงานเป็นกลุ่ม

- ประสานงาน มีจุดหมายเดียวกัน
- สมาชิกกลุ่มมีการโต้แย้งอย่างมีเหตุผล

เกณฑ์การประเมิน

- 0 คะแนนเมื่อแสดงคุณลักษณะนั้น
- 1 คะแนนเมื่อไม่แสดงคุณลักษณะนั้น

ใบกิจกรรมที่ 5.1 สำนักรวความรู้เดิมเรื่อง การจำลอง DNA (DNA Replication)

จุดประสงค์ของกิจกรรม

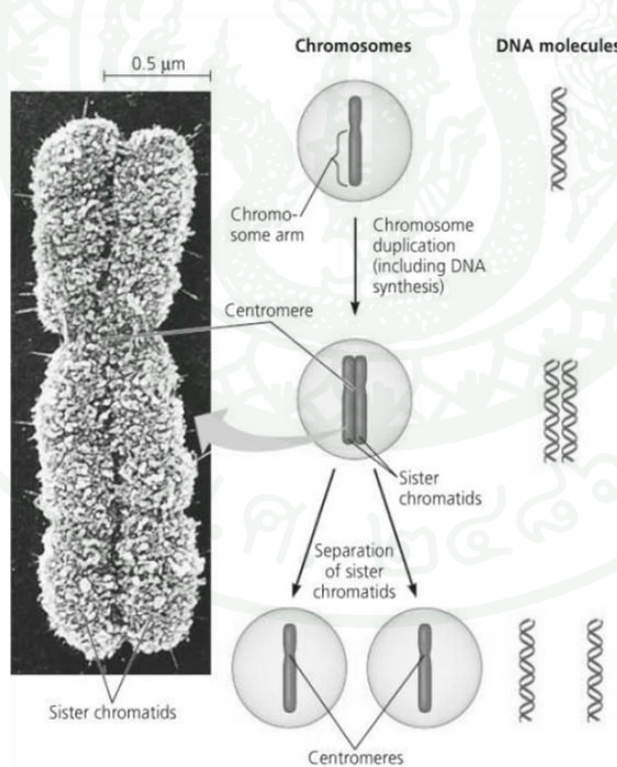
สำนักรวความรู้เดิมเกี่ยวกับการจำลอง DNA

เวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรม

5 นาที

วิธีทำกิจกรรม

1. ให้นักเรียนสังเกตภาพโครโมโซมและร่วมกันอภิปราย
2. ตอบคำถามต่อไปนี้ลงในตารางสำนักรวความรู้เดิม



ภาพโครโมโซม

ตารางสำรวจความรู้เดิมเรื่อง การจำลอง DNA (Replication)

สิ่งที่ฉันรู้แล้วเกี่ยวกับ การจำลอง DNA	สิ่งที่ฉันต้องการรู้เกี่ยวกับ การจำลอง DNA	สิ่งที่ฉันได้เรียนรู้เกี่ยวกับ การจำลอง DNA
ตอบตามความเข้าใจ 	ตอบตามความเข้าใจ 	- เอนไซม์และโปรตีนที่ใช้ ในการจำลอง DNA - ขั้นตอนในการจำลอง DNA - ลักษณะของ DNA สาย ใหม่ - ลักษณะของการจำลอง DNA

ใบกิจกรรมที่ 5.2 เรื่อง การจำลอง DNA (DNA Replication)

จุดประสงค์ของกิจกรรม (5 นาที)

อธิบายสารที่เกี่ยวข้องและขั้นตอนในการจำลอง DNA (DNA replication)

อุปกรณ์



1. ตัวต่อนิวคลีโอไทด์ เอนไซม์และโปรตีน
2. กระดาษกาว
3. กรรไกร
4. เทปใส

วิธีทำกิจกรรม

1. ศึกษาการจำลอง DNA หนังสือใบความรู้ที่ 5 เรื่อง การจำลอง DNA (DNA Replication)
2. นำตัวต่อนิวคลีโอไทด์ 16 ตัวต่อกันเป็นสายบนกระดาษกาวตามความพอใจ โดยให้ S และ P อยู่บนกระดาษกาว



3. นำนิวคลีโอไทด์ที่เป็นคู่สมของสายโพลีนิวคลีโอไทด์ที่ต่อเสร็จแล้วในข้อ 2 มาต่อบนกระดาษกาวอีกเส้นหนึ่ง
4. เชื่อมเบสที่เป็นคู่สมกันด้วยเทปใสจะได้ DNA ต้นแบบ 1 สาย



5. พิจารณาการทำงานของตัวต่อเอนไซม์และโปรตีนในการจำลอง DNA ทีละ 1 ตัว ดังนี้



Single strand DNA binding protein ยึดสาย DNA ที่ถูกคลายเกลียวไว้



Ligase เชื่อมสาย Okasaki fragment เข้าด้วยกันจนเป็นสาย Lagging strand



Helicase คลายเกลียวสาย DNA



Primase สร้าง RNA สำหรับเป็นสายเริ่มต้น (primer) เพื่อให้มีการสังเคราะห์ DNA ต่อไปได้ เพราะ DNA polymerase ไม่สามารถเริ่มต้นการสังเคราะห์เองได้ โดยเริ่มสังเคราะห์จากด้าน 5' ไป 3' เท่านั้น



DNA polymerase นำนิวคลีโอไทด์มาต่อกับ RNA เริ่มต้นเป็นสาย DNA ใหม่ โดยจะต่อนิวคลีโอไทด์จากด้าน 5' ไป 3' เท่านั้น

6. จดบันทึกลงในผลการทำกิจกรรม

7. นำตัวต่อเอนไซม์หรือโปรตีนตัวแรกดำเนินการกับ DNA ที่ต่อไว้แล้ว

8. ถ่ายภาพตัวต่อเอนไซม์หรือโปรตีนที่ดำเนินการกับ DNA และบันทึกลงในผลการทำกิจกรรม

9. พิจารณาตัวต่อเอนไซม์หรือโปรตีนตัวถัดมาที่เข้าดำเนินการกับ DNA

10. ทำข้อ 4 และ 5 จนตัวต่อเอนไซม์หรือโปรตีนเข้าดำเนินการกับ DNA ครบ

11. นำภาพที่ถ่ายในแต่ละขั้นตอนมาติดตามขั้นตอนที่ได้บันทึกไว้

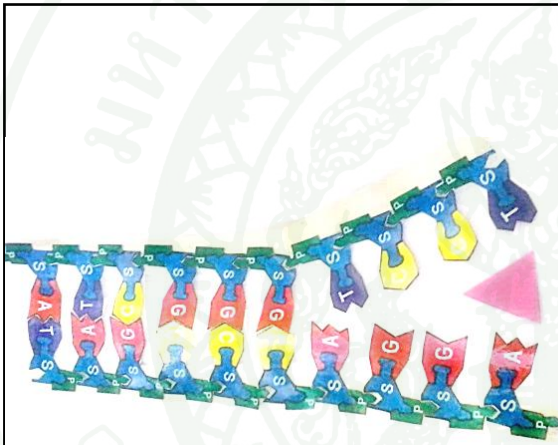
ผลการทำกิจกรรม

ลำดับขั้นการดำเนินการของเอนไซม์หรือโปรตีนในการจำลอง DNA (DNA Replication)

1. **Helicase**
2. **Single stand DNA binding protein**
3. **Primase**
4. **DNA polymerase**
5. **Ligase**

ขั้นตอนการจำลอง DNA (DNA Replication)

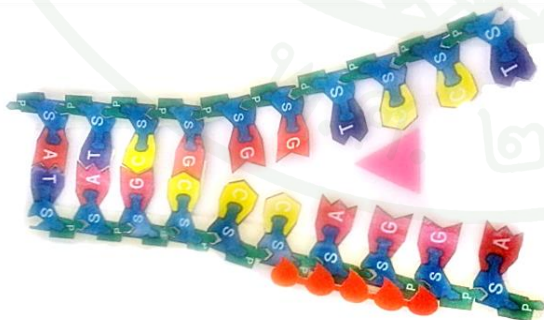
1.



คำอธิบาย

1. **Helicase** คลายเกลียวสาย
DNA

2.



คำอธิบาย

2. **Single stand DNA binding protein** ยึดสาย DNA ที่ถูก
คลายเกลียวไว้

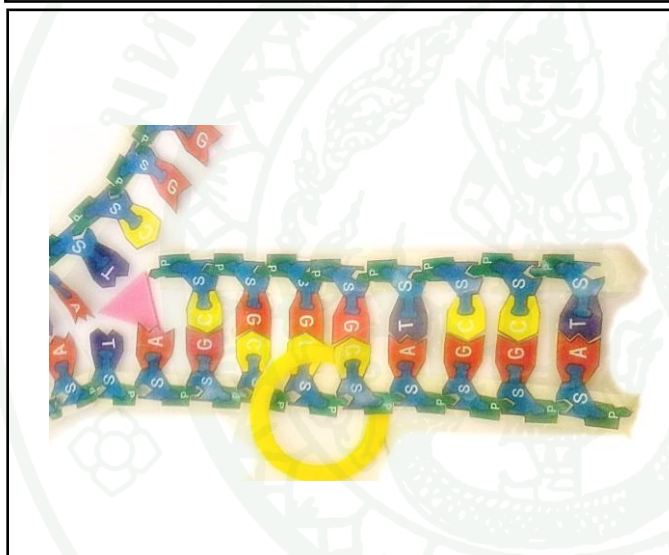
3.



คำอธิบาย

3. Primase สร้าง RNA สำหรับ
เป็นสายเริ่มต้น (primer) เพื่อให้มี
การสังเคราะห์ DNA ต่อไปได้
เพราะ DNA polymerase ไม่สามารถ
เริ่มต้นการสังเคราะห์เองได้

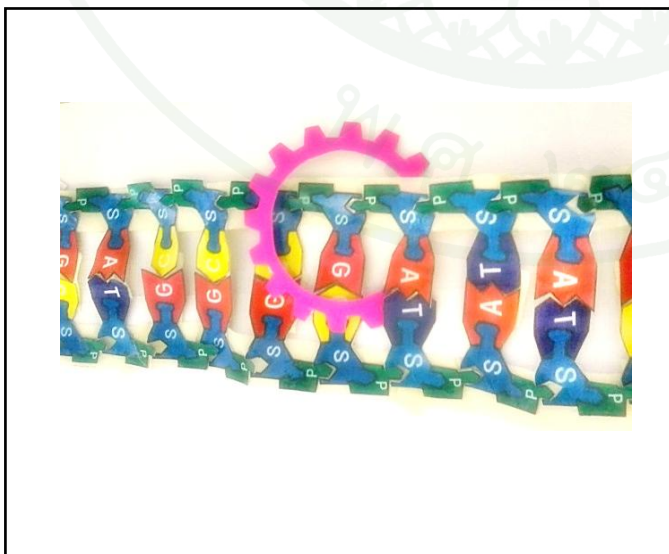
4.



คำอธิบาย

4. DNA polymerase นำดีออกซี
นิวคลีโอไทด์มาเข้าคู่กับสาย
DNA ต่อจากสายเริ่มต้นและต่อ
ดีออกซีนิวคลีโอไทด์แต่ละ
โมเลกุลเข้าด้วยกัน

5.



คำอธิบาย

5. Ligase เชื่อมสาย Okazaki fragment
เข้าด้วยกันจนเป็นสาย Lagging strand

คำถามท้ายกิจกรรม

1. DNA สายใหม่เกิดขึ้นจากบริเวณใดของ DNA สายต้นแบบ

DNA สายใหม่เกิดขึ้นจากด้านในของ DNA

2. เอนไซม์หรือโปรตีนใดบ้างที่ใช้ในการจำลอง DNA

Helicase, Single strand DNA binding protein, Primase, DNA polymerase, และ Ligase

3. จงเรียงลำดับขั้นตอนการจำลอง DNA

1. Helicase คลายเกลียวสาย DNA

2. Single strand DNA binding protein ยึดสาย DNA ที่ถูกคลายเกลียวไว้

3. Primase สร้าง RNA สำหรับเป็นสายเริ่มต้น (primer) เพื่อให้มีการสังเคราะห์ DNA ต่อไปได้ เพราะ DNA polymerase ไม่สามารถเริ่มต้นการสังเคราะห์เองได้

4. DNA polymerase นำดีออกซีนิวคลีโอไทด์มาเข้าคู่กับสาย DNA ต่อจากสายเริ่มต้นและต่อดีออกซีนิวคลีโอไทด์แต่ละโมเลกุลเข้าด้วยกัน

5. Ligase เชื่อมสาย Okasaki fragment เข้าด้วยกันจนเป็นสาย Lagging strand

Lagging strand เป็นสายที่มีการสังเคราะห์ DNA ไม่ต่อเนื่องทั้งสาย จึงต้องใช้เอนไซม์ ligase ในการเชื่อม DNA สายสั้นๆ (Okasaki fragment) ให้เป็นสายเดียว

4. DNA สายใหม่ขณะที่กำลังสร้างมีลักษณะแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

DNA สายหนึ่งสามารถสร้างได้ยาวไปตลอดสาย แต่ DNA อีกสายหนึ่งสร้างได้เป็นท่อนเล็กๆแล้วจึงมาต่อกันภายหลัง

ใบความรู้ที่ 5 เรื่อง การจำลอง DNA (DNA Replication)

กระบวนการจำลองสาย DNA ภายในเซลล์จะอาศัยการทำงานร่วมกันของเอนไซม์หลายชนิด โดยมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1

DNA สายคู่จะเกิดคลายเกลียวแยกออกจากกันเป็นสายเดี่ยวโดยการทำงานของเอนไซม์ helicase จากนั้นจะมีโปรตีนที่เรียกว่า single strand DNA binding protein จะเข้ามาจับกับ DNA สายเดี่ยวแต่ละข้าง เพื่อป้องกันการกลับมาพันเกลียวเป็นสายคู่ของ DNA ทำให้เกิดลักษณะคล้ายทางแยก

ขั้นตอนที่ 2

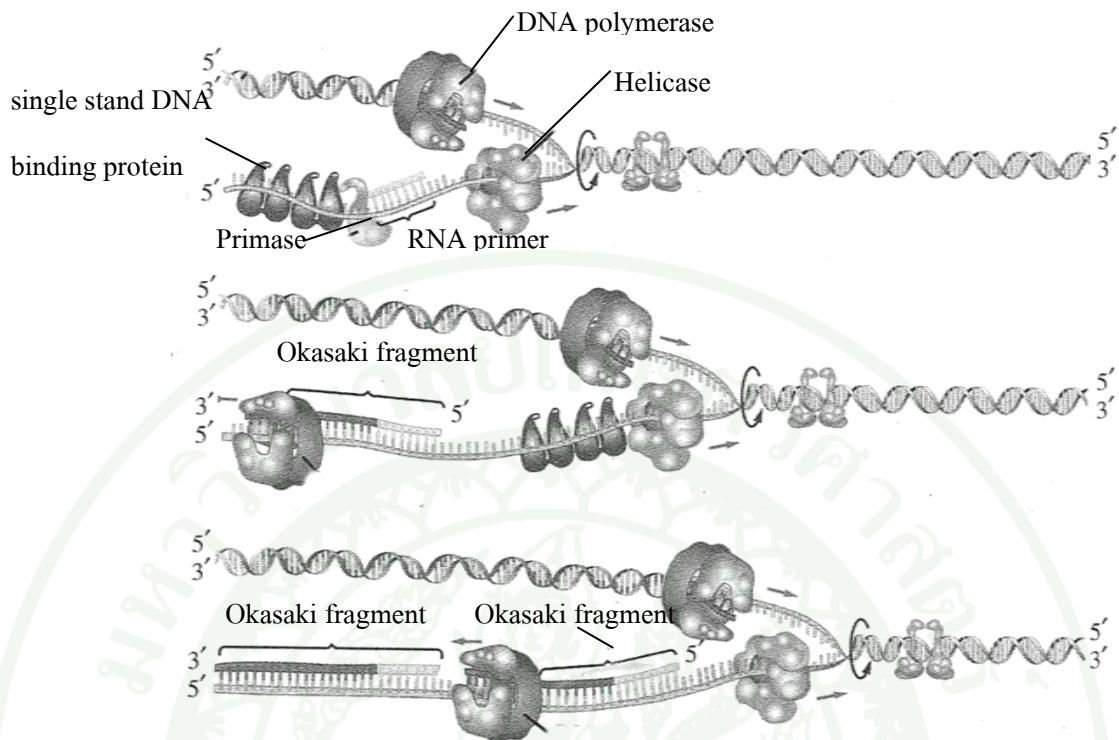
เอนไซม์ RNA primase จะเข้าจับกับ DNA สายเดี่ยวแต่ละข้าง แล้วสร้างสาย RNA primer ซึ่งเป็น RNA สายสั้น และเป็นคู่สมกับ DNA สายเดี่ยวแต่ละข้าง เพื่อใช้เป็นจุดเริ่มต้นในการต่อให้เป็นสาย DNA ใหม่ที่สมบูรณ์

ขั้นตอนที่ 3

เอนไซม์ DNA polymerase เข้าทำปฏิกิริยาต่อสาย DNA สายใหม่ให้ยาวขึ้นจาก RNA primer ที่ได้จากขั้นตอนที่แล้ว การต่อสาย DNA ให้ยาวขึ้นจากสาย RNA primer เอนไซม์ DNA polymerase จะนำเอานิวคลีโอไทด์อิสระที่มีอยู่ภายในนิวเคลียสมาใช้ในการเชื่อมต่อ นอกจากนี้เอนไซม์ DNA polymerase ยังมีสมบัติในการตรวจสอบการเชื่อมต่อนิวคลีโอไทด์อีกด้วย และมีการเปลี่ยนแปลงนิวคลีโอไทด์ของ RNA primer ให้เป็น DNA

ขั้นตอนที่ 4

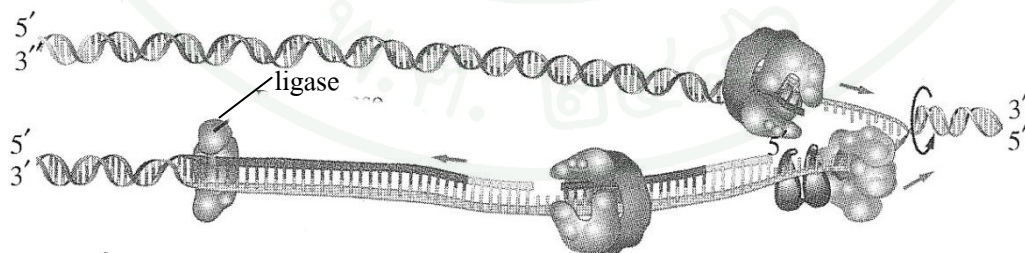
การต่อสายยาวของเอนไซม์ DNA polymerase จะมีทิศทางการสังเคราะห์จากปลาย 5' ไปยัง 3' เท่านั้น ดังนั้นสาย DNA ด้าน leading strand จะเกิดการสังเคราะห์ในทิศทางเดียวกันกับการคลายตัวของ DNA จึงเกิดการสังเคราะห์ได้เป็นสายยาวตลอดสาย แต่สาย DNA ด้าน lagging strand จะเกิดการสังเคราะห์ในทิศทางตรงกันข้ามกับการคลายตัวของ DNA จึงทำให้สังเคราะห์ DNA ได้เป็นสายสั้นๆ เรียก DNA สายสั้นๆนี้ได้ว่า ชิ้นส่วน โอคาซากิ (Okasaki fragment)



ขั้นตอนที่ 5

ชิ้นส่วน โอคาซากิแต่ละชิ้นจะถูกเชื่อมต่อกันด้วยเอนไซม์ ligase ในทุกๆจุดตลอดสาย lagging strand จนเกิดเป็น DNA สายคู่ที่สมบูรณ์

ขั้นตอนดังกล่าวจะเกิดขึ้นตลอดสายของ DNA ทั้งต้น เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการจะได้ DNA จำนวน 2 สายที่มีลักษณะเหมือนกันทุกประการ







แบบวัดแนวคิดเรื่อง ยีนและโครโมโซม ชุดที่ 1
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
วิชาชีววิทยา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2554

แนวคิดที่วัด

1. ยีนและโครโมโซม
2. ส่วนประกอบของโครโมโซม
3. รูปร่างและลักษณะของโครโมโซม

คำชี้แจง 1) นักเรียนกรอกข้อมูล ได้แก่ ชื่อ-นามสกุล ชั้น เลขที่
 ด้านล่างให้ถูกต้องและครบถ้วน

2) จำนวนข้อสอบ 4 ข้อ

3) เวลาในการทำข้อสอบ

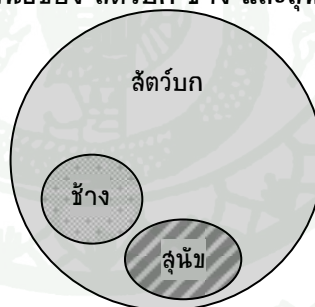
20 นาที

4) ให้นักเรียนตอบคำถามแต่ละข้อให้ครบถ้วนสมบูรณ์ตามความเข้าใจ
 ของนักเรียน

5) แบบวัดนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบแนวคิดของนักเรียนเรื่อง

1. จงเขียนแผนภาพเวเน-ออยเลอร์แสดงความสัมพันธ์ของยีน DNA และโครโมโซม
 พร้อมอธิบายแผนภาพ

หมายเหตุ ตัวอย่างการเขียนแผนภาพเวเน -ออยเลอร์
 จงเขียนความสัมพันธ์ของ สัตว์บก ข้าง และสุนัข



แผนภาพเวเน-ออยเลอร์
แสดงความสัมพันธ์ของยีน และโครโมโซม

คำอธิบาย

.....

2. ศึกษาภาพต่อไปนี้แล้วตอบคำถาม



1



2



3

2.1 ให้นักเรียนเรียงลำดับขนาดของภาพต่อไปนี้ จากใหญ่ไปเล็กโดยใช้ตัวเลข

>

>

2.2. จงบอกความหมายของภาพด้านบน

ภาพที่ 1 คือ

.....

ภาพที่ 2 คือ

.....

ภาพที่ 3 คือ

.....

2.3. จงอธิบายความสัมพันธ์ของภาพที่ 1, 2 และ 3

.....

.....

.....

.....

.....

3. ให้นักเรียนวาดภาพโครโมโซม พร้อมทั้งระบุตำแหน่งของเซนโทรเมียร์และโครมาทิด

.....

.....

.....

.....

.....

4. ให้นักเรียนวาดภาพโครโมโซมในกลุ่มต่างๆต่อไปนี้ พร้อมทั้งบอกเกณฑ์ที่ใช้ในการจัดโครโมโซมให้อยู่ในกลุ่มดังกล่าว

ภาพโครโมโซมกลุ่ม เมตาเซนตริก (metacentric)	ภาพโครโมโซมกลุ่ม ซับเมตาเซนตริก (submetacentric)	ภาพโครโมโซมกลุ่ม อโครเซนตริก (acrocentric)	ภาพโครโมโซมกลุ่ม เทโลเซนตริก (telocentric)
เกณฑ์ที่ใช้ในการจัด โครโมโซมให้อยู่ในกลุ่ม เมตาเซนตริก คือ 	เกณฑ์ที่ใช้ในการจัด โครโมโซมให้อยู่ใน กลุ่ม ซับเมตาเซนตริก คือ 	เกณฑ์ที่ใช้ในการจัด โครโมโซมให้อยู่ในกลุ่ม อโครเซนตริก คือ 	เกณฑ์ที่ใช้ในการจัด โครโมโซมให้อยู่ในกลุ่ม เทโลเซนตริก คือ



บันทึกหลังสอน

1) การกระตุ้นความสนใจผู้เรียน และสำรวจความรู้เดิมของผู้เรียน
กิจกรรมที่ใช้

.....

.....

.....

ผลจากการใช้กิจกรรม/ ปัญหาที่พบจากการใช้กิจกรรม

.....

.....

.....

แนวทางการแก้ปัญหา/ปรับปรุงกิจกรรม

.....

.....

.....

สิ่งที่ได้เรียนรู้จากการใช้กิจกรรม

.....

.....

.....

2) การส่งเสริมให้มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน และผู้เรียนกับผู้เรียน
กิจกรรมที่ใช้

.....

.....

.....

ผลจากการใช้กิจกรรม/ ปัญหาที่พบจากการใช้กิจกรรม

.....

.....

.....

แนวทางการแก้ปัญหา/ปรับปรุงกิจกรรม

.....

.....

.....

สิ่งที่ได้เรียนรู้จากการใช้กิจกรรม

.....

.....

.....

3) ผู้สอนสร้างสถานการณ์และบรรยากาศที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้โดยเชื่อมโยง
ความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ และสร้างความรู้ขึ้นภายในตัวผู้เรียนเอง
กิจกรรมที่ใช้

.....

.....

.....

ผลจากการใช้กิจกรรม/ ปัญหาที่พบจากการใช้กิจกรรม

.....

.....

.....

แนวทางการแก้ปัญหา/ปรับปรุงกิจกรรม

.....

.....

.....

สิ่งที่ได้เรียนรู้จากการใช้กิจกรรม

.....

.....

.....

4) การส่งเสริมให้ผู้เรียนมีการอภิปรายกลุ่มย่อย และแสดงความคิดเห็นกลุ่มใหญ่ แล้วลง
ข้อสรุปคำอธิบายหรือความรู้ที่ได้รับบนพื้นฐานของข้อมูลที่น่าเชื่อถือ

กิจกรรมที่ใช้

.....

.....

.....

ผลจากการใช้กิจกรรม/ ปัญหาที่พบจากการใช้กิจกรรม

.....

.....

.....

แนวทางการแก้ปัญหา/ปรับปรุงกิจกรรม

.....

.....

.....

สิ่งที่ได้เรียนรู้จากการใช้กิจกรรม

.....

.....

.....

5) มีการใช้เทคนิคอุปมาอุปไมยอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ ผู้สอน

วันที่ เดือน พ.ศ.

ความคิดเห็น/ข้อเสนอแนะของหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ

()

ตำแหน่ง หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

วันที่ เดือน พ.ศ.

ความคิดเห็น/ข้อเสนอแนะของรองผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ

()

ตำแหน่ง รองผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการ

วันที่ เดือน พ.ศ.

ความคิดเห็น/ข้อเสนอแนะของผู้อำนวยการโรงเรียน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ

()

ตำแหน่ง ผู้อำนวยการโรงเรียน

วันที่ เดือน พ.ศ.



ชื่อ

ชั้น ม.6/1

เลขที่

อนุทินหลังกิจกรรมการเรียนรู้

ครั้งที่ เรื่อง วันที่

1. ความรู้สึกที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ปัญหาและข้อเสนอนะในการปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

.....

3. ความรู้ที่ได้รับ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ - นามสกุล นางสาวพอรินทร์ พุกพูนธนพัฒน์

วัน เดือน ปี ที่เกิด วันที่

12 เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2528

สถานที่เกิด จังหวัดกรุงเทพมหานคร

ประวัติการศึกษา วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ชีววิทยา)

เกียรตินิยมอันดับ 1

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประกาศนียบัตรวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์

ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน ครู ค

.ศ.1 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

สถานที่ทำงานปัจจุบัน โรงเรียนพระโขนงพิทยาลัย

จังหวัดกรุงเทพมหานคร

(ซึ่งไม่ใช่โรงเรียนที่ทำการวิจัย)